ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 3 NOVEMBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE DE BROGLIE.



MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Jacques Hadamard** signale à l'Académie la présence de M. **Joseph L. Walsh**, Professeur à l'Université Harvard, Membre de la « National Academy of science » de Washington. M. le Président souhaite la bienvenue à celui-ci et l'invite à prendre part à la séance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dénombrement systématique des rubrènes méthoxylés qui peuvent se former par réactions rubréniques*. Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne** et **Jaime Valls**.

Tous les rubrènes méthoxylés pouvant être obtenus à partir des cinq alcools triphénylpropargyliques *p*-méthoxylés ont été préparés et isolés. Leur nombre, huit, apporte une confirmation expérimentale au mécanisme de la réaction rubrénique supposant un schéma centrosymétrique pour le doublement des molécules triarylpropargyliques.

Ainsi qu'on l'avait donné à entendre ([1]) les alcools triphénylpropargyliques *p*-méthoxylés, qui sont au nombre de cinq : V*a*, V*b*, V*c*, V*d*, V*e*, se prêtent à être transformés en tétra-arylnaphtacènes ou rubrènes, par la voie dite de la réaction rubrénique, schématisée en I et II. Une seule particularité mérite d'être mentionnée : la matière de départ, au lieu d'être comme de coutume l'ester chlorhydrique de formule générale I, est toujours un produit de chlorhydratation, soit celui de l'alcool, III, soit celui de son ester chlorhydrique, IV. Toutefois, comme l'avaient déjà constaté Ch. Dufraisse et R. Buret ([2]), l'alcool V*a*, mais lui seul, donne, en plus du chlorhydrate, l'ester chlorhydrique acétylénique simple de type I ($C_{22}H_{17}OCl$, F_{inst} 137°), quand on utilise PCl_3

(*) Séance du 18 octobre 1954.

([1]) C. Dufraisse, A. Etienne et J. Valls, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 769.

([2]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1389.

comme agent d'estérification. Les dérivés chlorés nouveaux sont, respectivement, à partir de V*a* : $C_{22}H_{18}OCl_2$, F_{inst} 120°; à partir de V*b* : $C_{22}H_{18}OCl_2$, F_{inst} 109°; à partir de V*c* : $C_{23}H_{21}O_3Cl$, F_{inst} 135°; à partir de V*d* : $C_{23}H_{21}O_3Cl$ (huile instable); à partir de V*e* : $C_{24}H_{23}O_4Cl$ (huile instable).

Cette collection complète des alcools triphénylpropargyliques *p*-méthoxylés offrait une occasion exceptionnellement favorable de résoudre à fond un des problèmes soulevés par la réaction rubrénique et qui n'avait été traité jusqu'ici que partiellement : il s'agit de préciser le nombre maximum des rubrènes qui peuvent effectivement se former à partir d'un alcool triarylpropargylique donné.

Si l'on admet, suivant la théorie en cours, le schéma centrosymétrique de duplication du réactif, conformément aux présentations figurées en VI, VII, VIII et IX, les alcools portant des aryles géminés *identiques* ne donneront qu'un seul rubrène, exemple : VI → X. Ce sera le cas des alcools V*a*, V*c* et V*e*, où les aryles géminés sont respectivement deux phényles simples ou bien deux *p*-méthoxyphényles. Au contraire, les alcools à aryles géminés *dissemblables*, V*b* et V*d*, donneront chacun trois rubrènes, comme le montre l'exemple de V*b* avec les trois présentations possibles, VII, VIII et IX, de la paire de molécules réagissantes, et les trois rubrènes XI, XII et XIII qui leur correspondent. De plus, le rubrène unique, X, dérivé de l'alcool monométhoxylé V*a* est identique à l'un, XI, des isomères du trio XI, XII et XIII, issu de l'alcool monométhoxylé V*b*. Il en résulte que le nombre des rubrènes à attendre des cinq alcools propargyliques s'élève au total à huit, savoir : trois diméthoxylés, X ou XI, XII et XIII, quatre tétraméthoxylés, XIV, XV, XVI et XVII, et un seul hexaméthoxylé, XVIII (formules simplifiées, où l'on s'est borné à indiquer par des O les positions respectives des méthoxyles).

Les cinq opérations parallèles ont été effectuées avec les plus grands soins pour en obtenir, en s'aidant de la chromatographie, tous les rubrènes formés. Les huit corps attendus ont été isolés, sans exception, mais sans un de plus, et ils présentent entre eux les relations d'isomérie qui viennent d'être énoncées. Ce sont respectivement : série V*a*, un rubrène unique, X, déjà connu [2]; série V*b*, trois isomères ($C_{44}H_{32}O_2$), savoir : bis(*p*-méthoxyphényl)-9.11 diphényl-10.12 naphtacène, XI, identique à X, (*p*-méthoxyphényl)-9 triphényl-10.11.12 méthoxy-2 naphtacène, XII, F_{inst} 227°, et enfin tétraphényl-9.10.11.12 diméthoxy-2.6 naphtacène, XIII, F_{inst} 259°; série V*c*, un seul rubrène ($C_{46}H_{36}O_4$), savoir : bis(*p*-méthoxyphényl)-9.11 diphényl-10.12 diméthoxy-2.6 naphtacène, XIV, F_{inst} 257°; série V*d*, trois isomères ($C_{46}H_{36}O_4$) savoir : bis(*p*-méthoxyphényl)-9.11 diphényl-10.12 diméthoxy-3.7 naphtacène, XV, F_{inst} 250°, tris(*p*-méthoxyphényl)-9.10.11 phényl-12 méthoxy-7 naphtacène, XVI, F_{inst} solvaté (C_6H_6) : 195°, désolvaté : 226°, et enfin tétrakis (*p*-méthoxyphényl)-9.10.11.12 naphtacène, XVII, F_{inst} solvaté (C_6H_6) : 245°,

désolvaté : 282°; série V*e*, un seul rubrène ($C_{48}H_{40}O_6$) : tétrakis (*p*-méthoxy-phényl)-9.10.11.12 diméthoxy-2.6 naphtacène, XVIII, F_{inst} 255°.

2 [Ar, Ar > C(Cl)–C≡C–Ar] I —(−2 ClH)→ II (naphtacène, Ar Ar / Ar Ar) ; Ar, Ar > C(OH)–CH=C(Cl)–Ar III ; Ar, Ar > C(Cl)–CH=C(Cl)–Ar IV

C_6H_5, C_6H_5 > C(OH)–C≡C–C_6H_5 V ; >–≡–OCH_3 Va ; CH_3O>–≡– Vb ; CH_3O, CH_3O>–≡– Vc ; CH_3O>–≡–OCH_3 Vd ; CH_3O, CH_3O>–≡–OCH_3 Ve

Va → VI → X ou X ; Vb → VII, VIII, IX → XI, XII, XIII ou XI, XII, XIII

Vc → XIV ; Vd → XV, XVI, XVII ; Ve → XVIII

A la vérité, pour la première fois dans l'histoire de la réaction rubrénique, il est apparu des isomères supplémentaires, un pour chaque alcool. Ils sont en cours d'étude; mais, d'ores et déjà, on est en mesure d'affirmer qu'ils n'ont pas la structure rubrénique. Ils n'ont donc pas à être pris en compte pour le dénombrement des rubrènes.

En conséquence, l'ensemble de ces résultats permet de penser que le schéma centrosymétrique représente le modèle exact suivant lequel se produit la duplication des alcools triarylpropargyliques pour former les rubrènes. Ainsi se trouvent exclus les mécanismes générateurs qui feraient prévoir des formations

excédentaires de ces corps, tout spécialement le mécanisme qui passe par un intermédiaire bisisoindénylidénique ([3]) et qui devrait en fournir un nombre notablement plus élevé.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Ombellifères. Développement de l'embryon chez le* Laserpitium Siler *L.* Note (*) de M. **René Souèges**.

Chez le *Laserpitium Siler* L. ont été observées les mêmes lois du développement que chez le *Torilis Anthricus* Gmel. Il n'y aurait donc pas de différences profondes entre les deux tribus diplozygiées des Caucalinées et des Laserpitiées. Au cours du développement sont néanmoins apparues des variations d'ordre secondaire qui peuvent jeter quelque lumière sur les rapports embryogéniques des diverses Ombellifères.

Les *Laserpitium* ont donné leur nom à la tribu des Laserpitiées qui, avec celle des Caucalinées, forme le groupe des Ombellifères diplozygiées, c'est-à-dire possédant, à la surface de l'achaine, à la fois des côtes primaires et des côtes secondaires. Ces dernières sont obtuses et épineuses chez les Caucalinées; elles se développent, chez les Laserpitiées, en ailes membraneuses sur un fruit glabre ou brièvement hispide, dépourvu d'aiguillons. Ces caractères, tirés de simples accidents du revêtement, commodes sans doute pour la détermination rapide des espèces, ne sont pas nécessairement liés à des différences profondes pouvant servir d'assises solides à une classification vraiment naturelle et que seule peut faire connaître l'histoire du développement. Rencontrera-t-on de ces différences profondes, d'une part, entre les espèces de Caucalinées (*Daucus Carota* L. et *Torilis Anthriscus* Gmel.) déjà examinées ([1]) et, d'autre part, le *Laserpitium Siler* L. choisi comme exemple parmi les Laserpitiées?

Le proembryon bicellulaire (*fig.* 2) dérivé de l'oospore (*fig.* 1) produit, par division transversale de ses deux éléments constitutifs, une tétrade linéaire *première* de la catégorie C_2 (*fig.* 4). La division de la cellule basale précède celle de la cellule apicale (*fig.* 3), mais il n'en est pas toujours ainsi. De semblables variations dans l'ordre des segmentations se reproduisent au cours des divisions suivantes, même à tous les stades de la vie proembryonnaire. Ainsi, en 5, la division transversale de la cellule *cc*, cellule supérieure de la tétrade, précède celle de sa sœur *cd*; mais, en 8 et 9, par contre, la cellule *cd* s'est déjà partagée en deux éléments superposés *m* et *ci*, alors que l'élément *cc* est encore indivis. En 6 et 7, comme en 3, la cellule basale s'est segmentée en premier lieu, puis l'une de ses cellules filles en 6, les deux, en 7 comme en 8, se sont divisées transversalement. La figure 7 représente le proembryon hexacellulaire le plus souvent observé. On peut voir, en 10, le proembryon octocellulaire produit à la troisième génération de l'oospore; il comporte, dans la région supérieure, 4 éléments superposés dérivés de *cc* et de *cd*, représentant une tétrade

([3]) C. Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 3, 1936, p. 1857.

(*) Séance du 27 octobre 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 377.

linéaire *seconde* en C_2, et, dans sa région inférieure, 4 éléments également superposés dérivés de la cellule basale. Ceux-ci participent à la construction de la portion la plus importante du suspenseur ; les figures 11 et 13, 16, 18 à 27, permettent de se faire une idée de la marche des cloisonnements dans leur intérieur ; cette marche offre encore de profondes variations quant à la direction et au nombre des cloisons de segmentation. Le suspenseur engendré conserve toujours à peu près la même forme, mais ses dimensions varient très sensiblement avec les individus, comme le démontrent, à des stades jeunes les figures 13 et 16, plus tard, les figures 25, 30 à 32.



Fig. 1 à 33. — *Laserpitium Siler* L : Les principaux termes du développement de l'embryon. *oo*, oospore ; *al*, albumen ; *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire ; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca* ; *l* ou *ce*, cellule-fille supérieure de *cc* ou partie cotylée *s. lato* ; *l'* ou *cf*, cellule-fille inférieure de *cc* ou partie supérieure de l'hypocotyle ; *m*, cellule-fille supérieure de *cd* ou partie inférieure de l'hypocotyle ; *ci*, cellule-fille inférieure de *cd*, mère de *n* et de *n'* ; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 310.

En règle très générale, les quatre éléments de la tétrade *seconde*, *ce* ou *l*, *cf* ou *l'*, *m* et *ci* (*fig.* 10) se partagent en deux cellules juxtaposées et donnent ainsi naissance à la forme octocellulaire de troisième génération à partir de la cellule apicale (*fig.* 14). A cette période, on observe encore certaines divergences dans l'ordre des segmentations : en 12 et 13 par exemple, les deux éléments *l* et *l'* se sont cloisonnés alors que *m* et *ci* sont indivis ; mais en 11, la division de *m* a précédé celle de *l'*, et, pour ce qui est de *ci*, on ne peut dire s'il

est encore indivis ou bien s'il s'est partagé en deux cellules superposées, comme cela s'est nécessairement produit en 18, 19, 23 et peut-être aussi en 22, 24, 25, 27, 29.

On remarque, d'ailleurs, qu'en raison même de ces variations dans la direction, verticale ou horizontale, de la première division de *ci*, la limite exacte de séparation de l'embryon proprement dit et du suspenseur se trouve difficile à déterminer, et, c'est à dessein que j'ai reproduit un assez grand nombre de figures relatives à la période où se produit l'étranglement marquant la différenciation extérieure des deux parties du proembryon, pour que l'on puisse se rendre compte des incertitudes qui peuvent, dans certains cas, subsister sur la part exacte que prend le blastomère *ci* dans la construction de l'une ou de l'autre de ces deux parties.

Les quatre éléments supérieurs, en *l* et *l'* (*fig.* 13, 14), correspondent à deux quadrants supérieurs et deux quadrants inférieurs. Dans les deux premiers, les parois de segmentation sont diversement orientées; elles peuvent être nettement méridiennes (*fig.* 15 et 16 à droite) ou le plus souvent anticlines à direction verticale (*fig.* 17 à droite, 21 à gauche) ou horizontale (*fig.* 16, 17 à gauche, 19, 21 à droite), rarement tangentielles (*fig.* 18 à droite, 20). Les cloisons suivantes se succèdent très irrégulièrement; on ne peut dire qu'elles s'orientent nettement (sauf peut-être dans le cas des figures 23, 25) pour faire apparaître une partie cotylée *s. stricto* distincte d'un tissu épiphysaire. Dans les quadrants inférieurs (*l'*) des parois méridiennes séparent le plus souvent quatre octants régulièrement disposés (*fig.* 15, 16), mais parfois les cloisons sont transversales (*fig.* 18, 19 à droite) ou diversement inclinées. Se produisent ensuite des divisions longitudinales (*fig.* 17), puis transversales (*fig.* 20 à 32); aux deux assises ainsi constituées d'autres s'ajoutent (*fig.* 33) qui finalement contribuent à la génération de la partie supérieure de l'hypocotyle.

Les deux blastomères juxtaposés en *m* (*fig.* 14, 15) donnent 4 cellules circumaxiales (*fig.* 16, 17, 18) qui, se cloisonnant longitudinalement (*fig.* 21, 24), puis transversalement (*fig.* 22 à droite, 23) ou obliquement (*fig.* 25, 28, 29 à droite, 30 à gauche), arrivent à constituer deux (*fig.* 23, 26, 28 à 31) puis d'autres assises qui contribuent à l'édification de la partie inférieure de l'hypocotyle, c'est-à-dire du primordium de la racine avec ses initiales (*fig.* 33). — Le blastomère *ci* se divise en général longitudinalement (*fig.* 14 à 17); il prend ensuite d'autres cloisons longitudinales (*fig.* 21, 24), puis transversales ou obliques (*fig.* 30 à 33) et donne ainsi naissance à la portion médiane de la coiffe. Quand il se partage transversalement en deux éléments superposés *n* et *n'* (*fig.* 18, 19, 23), *n* le remplace dans ses fonctions et *n'* entre dans la construction du suspenseur (*fig.* 27, et peut être aussi 28, 29).

Les lois générales qui se dégagent de ces processus de segmentation se rapportent à un type embryonomique identique à celui qui a été défini au sujet du *Daucus Carota*, de l'*Apium inundatum*, de l'*Anthriscus Cerefolium* et du *Torilis Anthriscus*. Ont été observées, dès les stades les plus jeunes, de nombreuses variations dont on a pu mesurer l'étendue par les assez nombreux exemples qui en ont été donnés. Ces variations offrent quelque intérêt, car elles permettent de se rendre compte de certaines prétendues irrégularités rencontrées chez d'autres espèces et en même temps de concevoir comment ont pu s'établir des termes de passage entre les différents types embryonomiques déjà distingués chez les Ombellifères. En tout cas, l'embryogénie ne permet pas de déceler des caractères différentiels fondamentaux entre les deux tribus des Caucalinées et des Laserpitiées.

M. **Maurice Roy** fait hommage à l'Académie du texte d'une Conférence qu'il a prononcée devant l'Association française des Ingénieurs et Techniciens de l'Aéronautique et qui est intitulée : *La stabilité transversale de vol et quelques recherches de l'O. N. E. R. A.*

Sir **E. John Russell** adresse en hommage à l'Académie son Ouvrage intitulé : *World population and world food supplies.*

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Louis Fage** : Union internationale des sciences biologiques. *Symposium on genetics of population structure. Istituto di Genetica, Universita di Pavia, August* 20-23 1953.

CORRESPONDANCE.

M. **Jacques Pomey** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des applications de la science à l'industrie, par le décès de M. *René Barthélemy.*

Le Président du « Science Council of Japan » annonce qu'un **Symposium international de Génétique** aura lieu à Tokyo et Kyoto, du 6 au 12 septembre 1956.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *The Royal Society*, par D. C. Martin.

2° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. *Exploration du Parc national de la Garamba. Mission Henri de Saeger, en collaboration avec P. Baert, G. Demoulin, I. Denisoff, J. Martin, M. Micha, A. Noirfalise, P. Schoemaker, G. Troupin et J. Verschuren.* Fasc. 1.

3° *Glasgow University Calendar*, 1954-55.

4° *Les Annales du Collège international pour l'étude scientifique des techniques de production mécanique.* Vol. II. (Liste des Membres. Statuts.)

5° Les Conférences du Palais de la Découverte. Série D, n° 32. *L'histoire de la Géométrie descriptive*, par René Taton.

6° *Proceedings of the Royal Society of arts and sciences of Mauritius.* Vol. I, Part 1, 2, 3.

7° Académie des sciences de l'U. R. S. S. Institut d'informations scientifiques. *Referativny Journal. Geologia Geografia Referaty.* 1-1316. N° 1.

8° Republica Argentina. *Publicaciones de la Comision nacional de la energia atomica. Miscelanea*, n° 1.

Il signale également un fascicule polycopié : *Contribution du Laboratoire d'astronomie de Lille*, n° 2. Numéro spécial, à l'occasion du Colloque international de Liége sur *Les particules solides dans les objets astronomiques.*

ARITHMÉTIQUE. — *Sur le semi-réseau constitué par les degrés d'indécidabilité récursive.* Note (*) de M. **Daniel Lacombe**, présentée par M. Émile Borel.

Extension de certains résultats de Kleene et Post ([1]) et solution de quelques questions posées par ces auteurs ([2]).

Nous utiliserons dans ce qui suit les définitions et les notations de S. C. Kleene-E. L. Post ([1]). Nous désignerons par $\mathbf{D}$ l'ensemble des *degrés d'indécidabilité* (ou, pour abréger : *degrés*) et par $\mathbf{D}_A$ l'ensemble des degrés arithmétiques ($\mathbf{D}_A \subset \mathbf{D}$). $\mathbf{D}$ et $\mathbf{D}_A$ sont munis d'une relation d'ordre partiel (notée $<$ et $\leqq$) et d'une opération $a \to a'$ partout définie (nous désignerons par $a^{(i)}$ le résultat de cette opération itérée i fois à partir de a).

Les deux théorèmes suivants se démontrent au moyen des méthodes classiques (fondées essentiellement sur la *forme normale de Kleene*) complétées par l'utilisation de fonctions majorantes. Les conditions (A) et (B) du théorème I constituent deux cas particuliers d'une condition plus générale que nous ne pouvons énoncer ici, et qu'il serait d'ailleurs intéressant d'élargir.

Théorème I. — *Soit* $S = u_0, u_1, \ldots, u_n, \ldots$ *une suite infinie de degrés, strictement croissante (c'est-à-dire telle que* $i < j$ *entraîne* $u_i < u_j$*) et satisfaisant à l'une ou l'autre des conditions suivantes :*

(A) *il existe un degré* a *tel que, pour tout* i, $u_i = a^{(i)}$;

(B) *il existe un degré* b *tel que, pour tout* i, $b < u_i < b'$.

Soit U *l'ensemble de degrés défini par la condition :*

$$x \in U \Leftrightarrow \textit{il existe un } i \textit{ tel que } x \leqq u_i.$$

Soit d'autre part un degré c *n'appartenant pas à* U.

Dans ces conditions, on peut déterminer (d'une infinité de façons) deux degrés d_1 *et* d_2 *satisfaisant aux relations suivantes :*

(*) Séance du 27 octobre 1954.

([1]) *Ann. Math.*, 59, 1954, p. 379-407.

([2]) Ces questions sont en général indiquées, dans l'article cité ci-dessus, par le signe : [3], lequel renvoie à une Note de la page 380. Les résultats annoncés dans cette Note n'ont pas encore, à notre connaissance, été publiés.

(1) *pour tout degré x, on a*

$$(x \leq d_1 \text{ et } x \leq d_2) \Leftrightarrow x \in \mathrm{U};$$

(2) *c ne vérifie aucune des deux inégalités*

$$c \leq d_1 \quad \text{et} \quad c \leq d_2.$$

Remarque 1. — Ce théorème montre que S (ou, ce qui revient au même, U) ne possède pas de borne supérieure précise.

Remarque 2. — La relation (1) montre que le couple (d_1, d_2) ne possède pas de borne inférieure précise. De l'existence de suites S satisfaisant à (A) ou (B) on déduit donc immédiatement que $\mathbf{D}$ ne constitue pas un réseau [résultat démontré par Kleene et Post au moyen d'une suite de type (A)].

Remarque 3. — Kleene et Post ont montré l'existence de suites S satisfaisant à la condition (B), et cela pour n'importe quel degré b. Lorsque, dans cette hypothèse (B), le degré b appartient à $\mathbf{D}_A$, il en est de même pour b' et pour tous les u_i (et l'on a $\mathrm{U} \subset \mathbf{D}_A$). Cela n'entraîne pas forcément que d_1 et d_2 puissent être pris eux aussi dans $\mathbf{D}_A$. La relation (1) montre en effet que l'ensemble U est entièrement déterminé par la donnée de d_1 et d_2. Or $\mathbf{D}_A$ est dénombrable (donc aussi l'ensemble des couples formés de deux degrés arithmétiques). Mais Kleene et Post ont montré que les ensembles tels que U, déterminés dans $\mathbf{D}_A$ par des suites S de $\mathbf{D}_A$ croissantes et satisfaisant à (B) (avec b dans $\mathbf{D}_A$), forment une famille ayant la puissance du continu. Il en résulte que pour certaines de ces suites il n'existe aucun couple (d_1, d_2) formé de degrés arithmétiques et satisfaisant à la relation (1). Le théorème suivant donne une condition suffisante pour l'existence d'un tel couple.

Étant donnée une suite de degrés quelconque $\mathrm{S} = u_0, u_1, \ldots, u_n, \ldots$ et une fonction φ de deux variables (entières ≥ 0), nous dirons que φ *énumère* S si, pour tout i, la fonction d'une variable φ_i définie par $\varphi_i(x) = \varphi(i, x)$ est de degré u_i.

Théorème II. — *Si, dans le théorème* I-*hypothèse* (B), *le degré b est arithmétique et si la suite* S *peut être énumérée par une fonction arithmétique, alors les degrés d_1 et d_2 satisfaisant aux relations* (1) *et* (2) *peuvent être pris* (*d'une infinité de façons*) *dans* $\mathbf{D}_A$.

Remarque 1. — Ce résultat reste valable quel que soit le degré c, arithmétique ou non.

Remarque 2. — Si S est énumérable par une fonction arithmétique, il en est de même pour l'ensemble U (qui est toujours dénombrable).

Remarque 3. — Les méthodes de Kleene-Post permettent de déterminer des suites S satisfaisant aux conditions de ce théorème II. Il en résulte que $\mathbf{D}_A$ ne constitue pas un réseau.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Étude de représentations approchées de dérivées.* Note (*) de M. **Jean Kuntzmann**, présentée par M. Gaston Julia.

Étude de quelques questions théoriques relatives à des représentations approchées de dérivées par des sommes finies.

Soient les abscisses $a+p_0, \ldots, a+p_n (p_0 < p_1, \ldots, < p_n)$ et une fonction $f(x)$ prenant en ces points les valeurs $y_0, \ldots, y_n$. Nous considérons l'expression

$$f^{(q)}(a) = \sum_{i=0}^{i=n} A_{i,q} y_i \qquad (q = 1, 2, \ldots, n)$$

valable pour les polynomes de degré n.

Le terme d'erreur de cette formule peut s'écrire

$$\int_{-\infty}^{+\infty} K(t) f^{(n+1)}(t)\, dt,$$

$K(t)$ fonction bien déterminée et n'éprouvant qu'un changement de signe. La formule est dite définie d'ordre n si $K(t) \geqq 0$ (définie positive) ou si $K(t) \leqq 0$ (définie négative).

Voici un critère, dans le cas $p_0 < 0 < p_n$, permettant de reconnaître si une formule est définie. Il suffit de vérifier que $(-1)^{n+1} A_0$ et A_n ont même signe. En exprimant A_0 et A_n sous forme de déterminant on est ramené à étudier les signes de déterminants tels que

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 \\ p_1 & p_2 & \cdots & p_n \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_1^n & p_2^n & \cdots & p_n^n \end{vmatrix}$$

où manquent les puissances $q^{\text{ièmes}}$. Considérons l'équation en p_n obtenue en annulant ce déterminant. Elle a les racines $p_1, \ldots, p_{n-1}$ et une dernière racine π que l'on obtient en remarquant l'absence de terme en x^q :

$$\pi = -\frac{S_{n-q}}{S_{n-q-1}},$$

S_r désignant la somme des produits r à r des nombres $p_1, \ldots, p_{n-1}$. Le résultat final est que la formule est définie si

$$p_0 < \pi < p_n.$$

On en déduit facilement que toutes les formules de dérivation seconde

(*) Séance du 27 octobre 1954.

à points équidistants de la forme

$$f^{(2)}(x_q)=\sum_{i=0}^{i=n} A_{i,q,2}\,y_i, \qquad x_i=x_0+ih.$$

sont définies.

Voici également une condition pour qu'une formule à $n+1$ points soit valable pour les polynomes de degré $n+1$: il faut que le déterminant formé avec les puissances

$$0,\quad 1,\quad \ldots\ldots,\quad n+1 \qquad (q \text{ exclu}) \quad \text{de } p_0,\quad \ldots\ldots,\quad p_n$$

soit nul. Ceci revient à dire que p_0, ..., p_n sont racines d'une équation de degré $n+1$ où manque le terme en x^q donc que

$$S_{n+1-q}(p_0,\ \ldots\ldots,\ p_n)=0.$$

Appliquant ceci aux formules

$$f^{(r)}(0)=\sum_{-p}^{q} A_{i,r}\,y_i$$

on trouve que les formules où $r=n-1$ sont valables pour l'ordre $n+1$ si et seulement si

$$p=\frac{3y^2+y-2}{2}; \qquad q=\frac{3y^2-y-2}{2}; \qquad n=p+q; \qquad y \text{ entier},$$

de même pour $r=n-2$ on trouve

$$p=\frac{y^2+y-2}{2}; \qquad q=\frac{y^2-y-2}{2}; \qquad n=p+q; \qquad y \text{ entier}.$$

TOPOLOGIE. — *Sur une propriété des représentations de variétés en variétés.* Note de M. **Joseph Weier**, présentée par M. Henri Villat.

Soient P, Q des variétés euclidiennes fermées orientables et f une représentation continue de P en Q. Si g, g' désignent des représentations continues de P en Q, nous appelons l'ensemble de toutes les coïncidences de (g, g') la *forme singulière* de (g, g').

1. Si d'abord $\dim P < \dim Q$, il existe des représentations f^1, f^2 de P en Q homotopes à f telles que la forme singulière de (f^1, f^2) soit vide. Nous disons que l'*indice* de f soit zéro.

2. Puis, P et Q ayant la même dimension, il existe des représentations f^1 et f^2 de P en Q homotopes à f telles que (f^1, f^2) a au plus un nombre fini de coïncidences. La somme des indices de cette coïncidence sera nommée l'*indice* de f. D'après un théorème bien connu de M. Lefschetz [*voir* par exemple (1)] l'indice de f est un invariant d'homotopie.

---

(1) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 28, 1926, p. 1.

3. Soit ensuite $\dim P = (\dim Q) + 1$. Alors il existe des représentations f_0^1 et f_0^2 de P en Q homotopes à f telles que la forme singulière de (f_0^1, f_2^0) soit un polyèdre homogène fini à une dimension. On peut même démontrer l'existence de représentations f^1 et f^2 de P en Q homotopes à f de sorte que la forme singulière de (f^1, f^2) se compose d'un nombre fini de 1-sphères $S_1, \ldots, S_m$ qui sont deux à deux disjointes.

Si j est un des nombres $1, \ldots, m$ et si $S_j^\star$, $P^\star$, $Q^\star$ sont des orientations de S_j, P et Q, nous allons associer à S_j un entier qui sera dit son *degré* par (f^1, f^2) relatif à $(S_j^\star, P^\star, Q^\star)$.

A cet effet, soient : $n = \dim P$; a un point de S_j; T et U des $(n-1)$-simplexes ouverts tels que $a \in T \subset P$, $f^1(\overline{T}) + f^2(\overline{T}) \subset U \subset Q$ et que a soit la seule coïncidence de (f^1, f^2) sur $\overline{T}$; $U^\star$ l'orientation de U par $Q^\star$; de plus $T^\star$ une orientation de T telle que si le vecteur v_1 détermine l'orientation $S_j^\star$ de S_j au point a et si les vecteurs $v_2, \ldots, v_n$ représentent l'orientation $T^\star$ de T, le n-tuplet $(v_1, \ldots, v_n)$ soit l'orientation $P^\star$ de P; t une représentation affine de $\overline{T}$ sur $\overline{U}$ avec $t(T^\star) = U^\star$; et $t' = t^{-1}$.

De $f^1(a) = f^2(a) \in U$ résulte l'existence d'un $(n-1)$-simplexe ouvert T_0 qui jouit des propriétés suivantes : $a \in T_0$ et $\overline{T}_0 \subset T$; désignant le simplexe $t(T_0)$ par U_0, et, pour tout point p de $\overline{U}_0$, par $g(p)$ le point

$$p + (f^2 t'(p) - f^1 t'(p)),$$

on a $g(\overline{U}_0) \subset U$. Prenons enfin le degré de S_j par (f^1, f^2) relatif aux orientations $(S_j^\star, P^\star, Q^\star)$ égal à : zéro si $f^1(S_j) = f^2(S_j)$ est homotope à zéro en Q, et sinon, égal à l'indice du point fixe $t(a)$ par g.

4. La signification de P, Q, f^i, S_i est celle du paragraphe 3. Afin de pouvoir définir un indice de f nous considérons les sphères S_{i_1} et S_{i_2} comme appartenant à la même *classe*, si l'on peut déformer S_{i_1} en S_{i_2} par rapport à P. Soient $S_{01}, \ldots, S_{0s}$ les sphères d'une telle classe.

Alors nous disons que $(S_{01}, \ldots, S_{0s})$ représente une *classe non essentielle* s'il existe des orientations $S_{01}^\star$ des S_{0i} telles que à la fois $S_{0i}^\star$ est homotope à $S_{01}^\star$ pour tous i et que, de plus, $\Sigma\zeta(S_{0i}^\star) = 0$, où $\zeta(S_{0i}^\star)$ désigne le degré de S_{0i} par (f^1, f^2) relatif aux orientations $(S_{0i}^\star, P^\star, Q^\star)$. Une classe n'étant pas non essentielle sera dite *classe essentielle*.

Par *l'indice* de f nous entendons le nombre des classes essentielles des S_i. On peut démontrer que l'indice de f est un invariant d'homotopie.

5. Pour les cas $\dim P > (\dim Q) + 1$ (pour lesquels nous ne pouvons ici, faute d'espace, définir un indice de f), mentionnons le théorème d'approximation suivant : Quelle que soit la représentation continue f' de P en Q et quel que soit le nombre positif ε, il existe des représentations g et g' de P en Q telles que simultanément g est homotope à f, g' homotope à f', $d(f, g) < \varepsilon$,

$d(f', g') < \varepsilon$ et la forme singulière de (g, g') est un polyèdre fini homogène à (dim P — dim Q) dimensions.

Enfin quelques remarques.

6. Même au cas où P et Q ne sont pas orientables, on peut définir un indice de f. Dans deux précédentes Notes ([2]) les variétés ici envisagées ne sont pas nécessairement orientables. Seulement pour être bref je n'ai pas ajouté ici les modifications que le cas des variétés non orientables nécessite.

7. Les théorèmes d'approximation ci-dessus ne perdent pas leur validité pour des variétés topologiques et compactes. Pour $P = Q$, on obtient un théorème bien connu de M. Hopf ([3]). Si l'on remplace ci-dessus (f, f) par une paire arbitraire (f, f'), on peut définir de même un indice.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces dont les réglées asymptotiques d'un système appartiennent à des complexes linéaires.* Note de M. **Paul Vincensini**, présentée par M. Paul Montel.

1. Les surfaces réglées gauches asymptotiques d'une surface S étant les lieux des tangentes asymptotiques d'un système de S issues des points d'une même asymptotique de l'autre système, M. L. Godeaux a, à diverses reprises, attiré l'attention sur les surfaces S admettant une famille de telles réglées appartenant à des complexes linéaires, surfaces que dans une conférence faite à Turin le 26 mars 1954 (*Alcune osservazioni sulle Congruenze* W, à paraître dans le volume de 1954 des *Rend. de l'Univ. de Turin*), il appelle *surfaces* F_2. Le problème de la recherche *effective* des surfaces F_2 ne semble pas encore avoir été abordé. J'en donne ici une transformation géométrique qui permet d'en obtenir une famille assez étendue de solutions :

2. Les relations :

$$2p_{34}x_1 + p_{14} + p_{23} = 2p_{34}x_2 - i(p_{14} - p_{23}) = 2p_{34}x_3 + p_{24} + p_{31} = 2p_{34}x_4 - i(p_{24} - p_{31}) = 0$$

définissent une correspondance $(\mathcal{C})$ entre les droites (p_{ij}) de l'espace euclidien $E_3(Ox_1x_2x_3)$ et les points (x_i) de E_4 $(Ox_1x_2x_3x_4)$. $(\mathcal{C})$ associe les complexes linéaires de E_3 et les hypersphères (ou hyperplans) de E_4, et aux tangentes d'une surface S de E_3 les points d'une surface réglée de E_4, à génératrices *isotropes* formant une congruence (I) dont les réseaux focaux correspondent aux développables asymptotiques de S. (I) coupe E_3 suivant une surface S' sur laquelle ses développables tracent le *réseau de courbure*. D'autre part, les projections orthogonales des rayons de (I) sur E_3 sont les normales de S', les foyers de (I) se projetant aux centres de courbure de S'. En outre S' est transformée de S dans une certaine transformation de Lie $(\mathcal{L})$.

([2]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 337 et 609.

([3]) *Math. Z.*, 29, 1929, p. 493.

3. Si S, d'asymptotiques (u, v), est une F_2, ses réglées gauches asymptotiques étant les v, les courbes v de l'une des nappes focales de (I) sont (n° 2) *hypersphériques* ou *hyperplanes*, et la recherche des F_2 revient à celle des congruences isotropes de E_4 sur l'un des réseaux focaux desquelles les courbes non arêtes de rebroussement sont hypersphériques ou hyperplanes, ou, ce qui revient au même, des *réseaux* de E_4 dont les courbes de l'une des familles (u) sont isotropes, les v étant hypersphériques ou hyperplanes. Plaçons-nous dans ce dernier cas et supposons en outre les hyperplans des (v) orthogonaux à E_3. Les projections des (v) sur E_3 *sont alors planes*, et la nappe de développée de la surface S′ du n° 2 qui les contient *possède un réseau conjugué formé d'une famille de géodésiques et d'une famille de courbes planes*. Tout réseau de cette espèce est d'ailleurs la projection d'un réseau focal d'une (I), dont la section S′ par E_3 est transformée de la surface S correspondante par la transformation $(\mathcal{L})$ de Lie. On peut donc définir une famille de surfaces S du type F_2 par la relation $S = \mathcal{L}^{-1} S'$, *où* S′ *est une développante, suivant une famille* (u) *de géodésiques, d'une surface* (σ) *sur laquelle le système* (v) *conjugué de* (u) *est formé de courbes planes*. Et $(\mathcal{L})$ peut être regardée comme la transformation de Lie la plus générale, car changer $(\mathcal{L})$ revient à effectuer une homographie sur S.

Les surfaces (σ) mériteraient une étude détaillée; elles dépendent, une fois la développable (Δ) enveloppe des plans des (v) fixée, de l'intégration d'une équation aux dérivées partielles du troisième ordre déterminant, dans le plan tangent courant de (Δ), le profil engendrant la surface (σ).

4. Un exemple simple de surfaces (σ) est fourni par les nappes non curvilignes des développées des surfaces S′ enveloppes de sphères à un paramètre. Les (v) de (σ) sont alors des *coniques* et les surfaces $S = \mathcal{L}^{-1} S'$ sont les *réglées* (surfaces F_2 évidentes).

Une famille moins évidente de surfaces F_2 s'obtient en partant des surfaces de Monge (à base cylindrique) qui sont des (σ) particulières. Leurs développantes S′ sont aussi de Monge, et l'on voit que *toutes les surfaces* S *transformées inverses de Lie des surfaces de Monge sont du type* F_2 *de M. L. Godeaux*.

Ces dernières surfaces S jouissent de la propriété suivante. Parmi les quatre familles de réglées asymptotiques [*développables* Au, Av et *gauches* Ru, Rv] attachées à S, *deux*, une (A) et une (R) correspondant *au même paramètre variable*, sont constituées par des réglées *appartenant toutes à des complexes linéaires*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une caractérisation de la distribution de Poisson.* Note (*) de M. **Eugène Lukacs**, transmise par M. Maurice Fréchet.

Présentons d'abord deux lemmes.

(*) Séance du 11 octobre 1954.

LEMME 1. — *Soit* $A(z)$ *une fonction qui est analytique dans le voisinage* $|z| < \rho$ *de l'origine et soit* $f(t)$ *une fonction caractéristique et* Δ *un nombre positif. Supposons que* $f(t) = A(t)$ *pour* t *réel et* $-\Delta < t < \Delta$. *Alors* $f(t)$ *est une fonction caractéristique analytique.*

Cela veut dire que $f(z)$ est analytique dans quelque voisinage de l'origine et par conséquent dans une bande horizontale du plan des z contenant l'axe réel. Ce lemme est dû à M. R. P. Boas (1).

Soient X et Y deux variables aléatoires et désignons par $E(Y|X)$ l'espérance conditionnelle de Y par rapport à X et par $E(Y)$ l'espérance mathématique de Y.

LEMME 2. — *Pour la validité de la relation*

$$E(Y|X) = E(Y) \tag{1}$$

il est nécessaire et suffisant que l'équation

$$E(e^{itX}Y) = E(Y)E(e^{itX}) \tag{2}$$

soit satisfaite pour toute valeur réelle de t.

La condition (2) est très utile si l'on veut déterminer les distributions pour lesquelles deux fonctions des observations sont indépendantes. R. G. Laha (2) a employé (1) en étudiant une caractérisation statistique de la distribution de Laplace mais il n'a pas noté l'équivalence des relations (1) et (2).

Si deux variables aléatoires Y et X satisfont à la relation (1), nous dirons que la régression de Y en X est constante.

Dans cette Note nous introduisons d'abord deux fonctions des observations L et S. Puis nous démontrons que la distribution de Poisson est caractérisée par la propriété que S a la régression constante en L. Pour définir la fonction S nous employons la notation suivante.

Soit $(k_1^{i_1}, k_2^{i_2}, \ldots, k_s^{i_s})$ le polynome symétrique des n variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$ défini par la somme

$$(k_1^{i_1}, k_2^{i_2}, \ldots, k_s^{i_s}) = \sum x_1^{k_1} \ldots x_{i_1}^{k_1} x_{i_1+1}^{k_2} \ldots x_{i_1+i_2}^{k_2} \ldots x_k^{k_s}, \tag{3}$$

où $k = i_1 + i_2 + \ldots + i_s$ est le nombre des facteurs dans chaque membre et où $p = i_1 k_1 + \ldots + i_s k_s$ est l'ordre du polynome. Nous introduisons maintenant deux fonctions des variables $x_1, \ldots, x_n$ en définissant

$$L = L(x_1, \ldots, x_n) = (1) = x_1 + x_2 + \ldots + x_n, \tag{4a}$$

$$S = S(x_1, \ldots, x_n) = \frac{1}{n}(3) - \frac{3}{n(n-1)}(21) + \frac{12}{n(n-1)(n-2)}(1^3) - \frac{1}{n}(1). \tag{4b}$$

On peut démontrer que $S = k_3 - k_1$ où k_p est la statistique $-k$ d'ordre p introduit par R. A. Fisher.

---

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1837.

(2) *Biometrika*, 40, 1953, p. 228-229.

Nous démontrons le théorème suivant :

Théorème. — *Soient* $X_1, \ldots, X_n$ *des variables aléatoires non négatives et indépendantes obéissant à la même loi. Faisons l'hypothèse que le troisième moment de cette loi existe. La condition nécessaire et suffisante pour que les* $X_1, \ldots, X_n$ *obéissent à une loi de Poisson est que* S *ait la régression constante en* L.

Ici L et S sont les fonctions des variables $X_1, \ldots, X_n$ données par (4 *a*) et (4 *b*).

Faisons l'hypothèse que $E(S\,|\,L) = E(S)$ et désignons par $f(t)$ la fonction caractéristique de la loi des $X_1, \ldots, X_n$. Alors, selon le lemme 2 :

$$E(e^{itL}S) = E(S)\,E(e^{itL}) = E(S)[f(t)]^n. \tag{5}$$

Nous substituons ici pour S l'expression (4*b*). En écrivant $f = f(t)$, $f' = f'(t)$, etc., nous obtenons aisément

$$f''' f^{n-1} - 3f'' f' f^{n-2} + 2(f')^3 f^{n-3} + f' f^{n-1} = Cif^n, \tag{6}$$

où $C = -iE(S)$. Comme la fonction $f(t)$ est une fonction continue telle que $f(0) = 1$, il y a un nombre $\Delta > 0$ tel que $f(t) \neq 0$ pour $|t| \leq \Delta$.

Divisant (6) par f^n et introduisant la seconde caractéristique $\varphi(t) = \log f(t)$ on obtient l'équation différentielle

$$\varphi'''(t) + \varphi'(t) = Ci. \tag{7}$$

La fonction $\varphi(t)$ satisfait à cette équation pour tout t réel tel que $|t| \leq \Delta$. Les conditions initiales sont

$$\varphi(0) = 0, \qquad \varphi'(0) = i\varkappa_1, \qquad \varphi''(0) = -\varkappa_2, \tag{7 a}$$

où $\varkappa_1$ est la premiére, $\varkappa_2$ la seconde cumulante de notre distribution.

L'équation (7) a alors l'intégrale

$$\varphi(t) = (\varkappa_1 + \lambda_2 - \lambda_1)it + \lambda_1(e^{it} - 1) + \lambda_2(e^{-it} - 1), \tag{8}$$

où

$$\lambda_1 = \frac{\varkappa_2 + \varkappa_1 - C}{2}, \qquad \lambda_2 = \frac{\varkappa_2 - \varkappa_1 + C}{2}.$$

Nous avons supposé que les $X_1, \ldots, X_n$ sont des variables aléatoires non négatives. On déduit d'un théorème de G. Pólya (³) que $\lambda_2 = 0$, $\lambda_1 = \varkappa_1 > 0$, cela veut dire que

$$\varphi(t) = \lambda_1(e^{it} - 1) \qquad (\lambda_1 > 0). \tag{9}$$

Nous avons obtenu la solution (9) seulement pour $|t| \leq \Delta$. Il suit du lemme 1 que cette solution est valable pour toutes les valeurs réelles de t. En renversant le raisonnement qui nous donnait (9) nous obtenons enfin la réciproque.

(³) *Proceedings of the Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, 1949, p. 115-123.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Étude de la formule de Walker donnant la fonction « O. C. » du test binomial de Wald.* Note (*) de M. **Jean Méric**, présentée par M. Émile Borel.

La présente Note a pour but de préciser la formule donnée par A. M. Walker sous une forme non explicite, et de rendre l'expression obtenue plus aisément utilisable pour le calcul numérique, grâce à un changement de variables.

Pour appliquer le test binomial de Wald aux problèmes de contrôle industriel par exemple, A. M. Walker [1] propose de lier à l'échantillonnage progressif la quantité $S = mx - ny + k_2$, l'acceptation ou le rejet du lot contrôlé intervenant dès que S devient $\geqq k_1 + k_2 = k$, ou $\leqq 0$. Les constantes m, n, k_1, k_2 sont fonctions de la sécurité demandée au test. S'attachant au cas où ces constantes sont des entiers positifs, le même auteur a établi des expressions exactes des caractéristiques de ce test. Le travail qui suit a pour but de préciser son expression de la fonction « O. C. », $L(p)$ et de la rendre plus accessible au calcul numérique. La formule de Walker s'écrit :

$$(1) \qquad L(p) = \sum_{i=0}^{m-1} \lambda_i F(k_2 - i), \qquad \text{avec} \quad F(z) = \sum_{\substack{mr+nj=z-1 \\ j \geqq 0,\, r \geqq j}} C_r^j \frac{(-p)^j}{q^r},$$

les λ_i étant solutions du système

$$(2) \qquad \sum_{i=0}^{m-1} \lambda_i F(k + r - i) = 1 \qquad (i, r = 0, 1, \ldots, m-1).$$

Fonction $F(z)$. — Pour préciser le symbole $\sum$ figurant dans son expression, étudions les solutions du système

$$(3) \qquad mr + nj = z - 1 \qquad (j \geqq 0;\ j \leqq r)$$

$(r_0, -j_0)$ étant une solution particulière de l'équation $mr + nj = 1$ [2], la solution générale du système (3) s'écrit

$$r(\mu) = (z-1)\, r_0 - n\mu, \qquad j(\mu) = m\mu - (z-1) j_0, \qquad \frac{z-1}{m} j_0 \leqq \mu \text{ entier} \leqq \frac{z-1}{m+n}(r_0 + j_0).$$

D'où l'expression de $F(z)$:

$$(4) \qquad F(z) = \left(\frac{1}{(-p)^{j_0} q^{r_0}}\right)^{z-1} \sum_{\frac{z-1}{m} j_0 \leqq \mu \leqq \frac{z-1}{m+n}(r_0 + j_0)} C_{(z-1) r_0 - n\mu}^{m\mu - (z-1) j_0} [(-p)^m q^n]^\mu$$

(*) Séance du 27 octobre 1954.

(1) J. Roy, *Stat. Soc.*, série B, 12, n° 2, 1950, p. 301-307.

(2) Solution obtenue en utilisant, par exemple, les restes successifs trouvés dans la recherche du P. G. C. D. de m et n, qui est 1.

ou, si l'on pose $p^m q^n = u$, $p^{j_0} q^{r_0} = v$,

$$(5) \qquad F(z) = \frac{1}{v^{z-1}} \sum_{\mu} C_{r(\mu)}^{j(\mu)} (-1)^{j(\mu)} u^{\mu}$$

$L(p)$ peut donc s'exprimer en fonction des seules variables u et v. C'est la forme de cette fonction que l'on se propose d'étudier.

Posons encore $\nu_z =$ le plus petit entier $\geqq z j_0/m$; il vient

$$F(z) = \frac{u^{\nu_z - 1}}{v^{z-1}} f_z(u) \qquad (f_z \text{ étant un polynome en } u).$$

En utilisant cette expression, on obtient, si l'on passe à l'écriture matricielle :

$$L(p) = \{B\} [a]^{-1} \{V\}.$$

Dans cette relation

$$[a] = \begin{bmatrix} u^{x_1} f_k & u^{x_2} f_{k-1} & \dots & u^{x_{m-1}} f_{k-m+2} & f_{k-m+1} \\ u^{j_0} f_{k+1} & u^{x_1} f_k & \dots & u^{x_{m-2}} f_{k-m+3} & u^{x_{m-1}} f_{k-m+2} \\ u^{j_0 + x_{m-1}} f_{k+2} & u^{j_0} f_{k+1} & \dots & u^{x_{m-3}} f_{k-m+4} & u^{x_{m-2}} f_{k-m+3} \\ \dots\dots & \dots\dots & \dots & \dots\dots & \dots\dots \\ u^{j_0 + x_2} f_{k+m-1} & u^{j_0 + x_3} f_{k+m-2} & \dots & u^{j_0} f_{k+1} & u^{x_1} f_k \end{bmatrix},$$

avec $x_i = \nu_{k-i} - \nu_{k-m}$.

$\{V\}$ est le vecteur-colonne d'éléments :

$$V_i = \frac{v^{k-m}}{u^{\nu_{k-m}}} v^{i-1}.$$

$\{B\}$ est le vecteur-ligne d'éléments :

$$B_i = \frac{u^{\nu_{k_2-m}}}{v^{k_2-m}} u^{y_i} f_{k_2-i+1} \qquad (y_i = \nu_{k_2-i} - \nu_{k_2-m}).$$

Le déterminant $|a|$ étant de la forme $u^{x_1 + x_2 + \ldots + x_{m-1}} P(u)$, ([3]) les éléments de la matrice a^{-1} peuvent s'écrire

$$a_{i,j}^{-1} = \frac{1}{P(u)} \frac{\varphi_{i,j}}{x_i} = \frac{1}{x_1 P(u)} p_{i,j},$$

les $\varphi_{i,j}$ et $p_{i,j}$ étant des polynomes en u, de même que $P(u)$.

D'où, en définitive, la forme de $L(p)$, fonction de u et v :

$$(6) \qquad L(p) = \frac{v^{k_1}}{u^{\nu_{k-1} - \nu_{k_2-m}}} \frac{P_1(u) + \ldots + v^{i-1} P_i(u) + \ldots + v^{m-1} P_m(u)}{P(u)},$$

avec

$$P_i(u) = u^{y_1} f_{k_2} p_{1,i} + \ldots + u^{y_j} f_{k_2-j+1} p_{j,i} + \ldots + f_{k_2-m+1} p_{m,i}.$$

([3]) En effet, les éléments de la $i^{\text{ième}}$ colonne admettent u^{x_i} comme facteur commun.

Cas particulier où k_1 est multiple de m. — En remarquant que $y_i = x_i$, on on obtient l'expression plus simple :

$$(7) \qquad L(p) = \frac{\rho^{k_1}}{u^{\frac{k_1}{m}}} \frac{\Pi_1(u) + \ldots + \rho^{i-1}\Pi_i(u) + \ldots + \rho^{m-1}\Pi_m(u)}{P(u)},$$

avec

$$\Pi_i(u) = f_{k_2}\varphi_{1,i} + \ldots + f_{k_2-j+1}\varphi_{j,i} + \ldots + f_{k_2-m+1}\varphi_{m,i}.$$

L'emploi de ces expressions allège les calculs numériques. Le tracé sur un un même graphique (t, z) des droites

$$t_1 = \frac{z-1}{m} j_0 \qquad \text{et} \qquad t_2 = \frac{z-1}{m+n}(r_0 + j_0)$$

permet de lire directement les valeurs $t_1 \leqq \mu \leqq t_2$; ν_{z-1} ; $x_1, x_2, \ldots, x_{m-1}$; $y_1, y_2, \ldots, y_{m-1}$. A partir de ces données, les fonctions f_z se calculent aisément. On en déduit la matrice $[a]$, qu'il suffit d'inverser pour obtenir les polynomes $p_{i,j}$ ou $\varphi_{i,j}$, et appliquer alors les formules (6) ou (7).

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Répartition des jets de la couronne en fonction de la latitude au cours du cycle solaire.* Note de M. **Michel Trellis**, présentée par M. André Danjon.

M. Waldmeier, à partir des observations qu'il a faites lui-même, a déjà étudié la répartition des jets de la couronne en fonction de la latitude, au cours du cycle solaire. Il en déduisait l'existence de deux zones d'activité distinctes, une zone équatoriale et une zone polaire (1).

J'ai repris cette question, en utilisant les observations faites au Pic du Midi de 1943 à 1954, avec une fente normale au bord du Soleil, ce qui donne une excellente définition des latitudes où l'intensité est maximum. A partir de ces données, j'ai tracé un diagramme analogue au « diagramme papillon » établi par Maunder pour les taches.

Je n'ai conservé pour cela que les jets nettement définis dont l'intensité est supérieure de 20 % aux intensités voisines. Le petit trait représentant le jet sur le graphique a une longueur proportionnelle à l'intensité du jet.

Une difficulté résidait dans le fait que les observations ne sont pas réparties d'une manière régulière dans l'année. Pour que la densité apparaissant sur le diagramme ait une signification, j'ai ramené le nombre des observations à neuf par mois. Dans les mois ne comportant que huit observations, j'ai compté deux fois la quatrième, etc. Pour la raie 6374, malheureusement, il n'y a souvent que trois ou quatre observations par mois. On est donc amené à

(1) *Astronomische Mitteilungen*, 157, 1949; *Z. Astrophysik*, 27, 1950, p. 237-246.

compter chaque diagramme deux ou trois fois, et à multiplier par autant les irrégularités locales. Le poids d'un tel diagramme est ainsi inférieur à celui de la raie 5303. On peut cependant en tirer des renseignements intéressants.

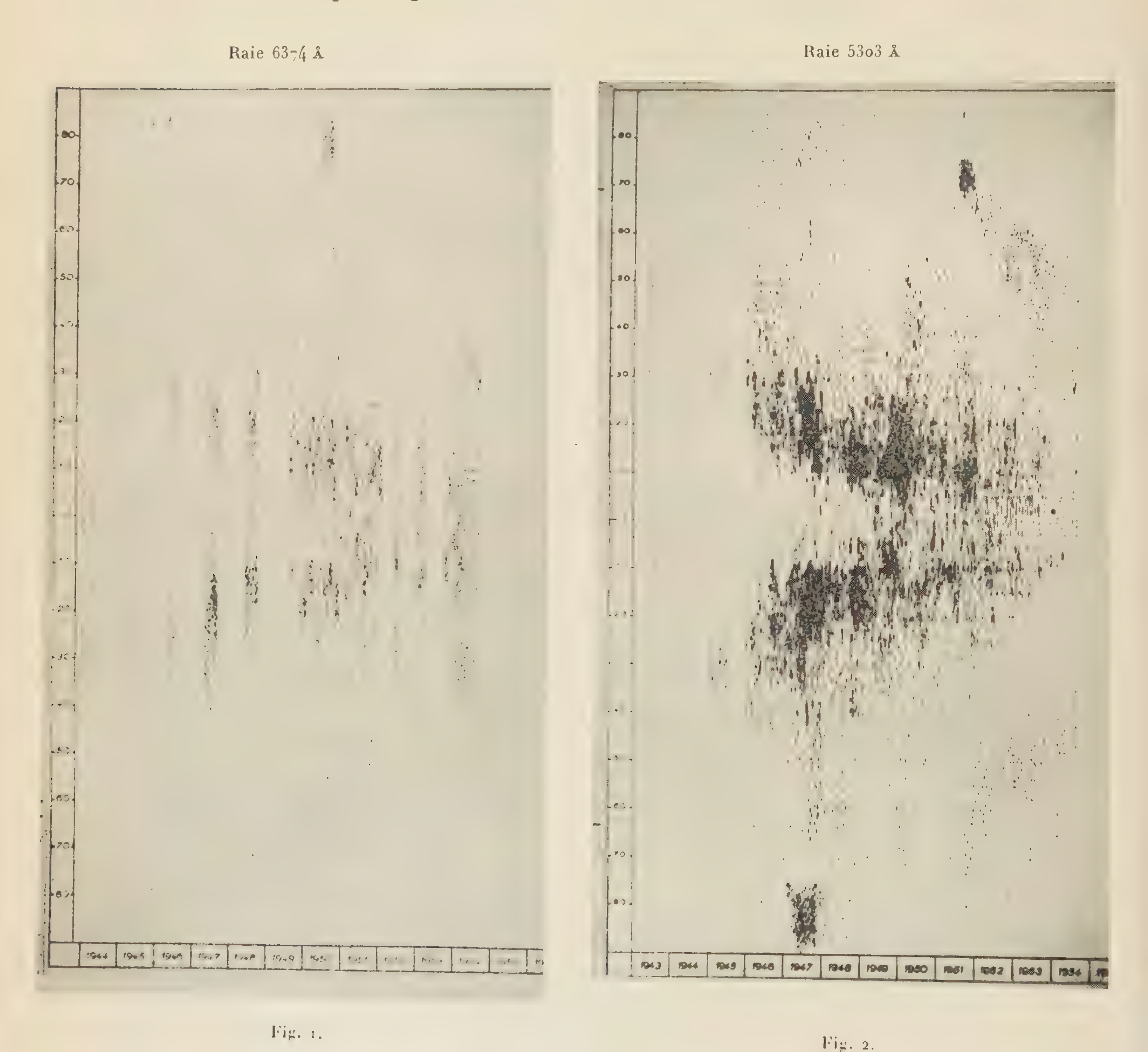


Fig. 1.

Fig. 2.

Raie 5303. — On voit que l'ancien cycle a pratiquement cessé dès la fin de 1953. Le diagramme de Maunder n'a malheureusement pas été établi pour la période correspondante. On peut tout de même constater que les zones d'activité des taches coïncident avec les zones d'activité de la couronne.

On remarque aussi que de 1943 à 1948 la branche sud présente une acti-

vité plus forte que la branche nord. A partir de 1949, c'est l'inverse qui se produit.

Mais le fait le plus remarquable réside dans les conditions d'apparition du nouveau cycle. Il est manifeste qu'actuellement, la latitude moyenne des jets décroît, et qu'elle atteindra 30 à 40° au moment où l'on peut s'attendre à trouver, à cette même latitude, les premières taches importantes du nouveau cycle. Il est donc légitime de considérer comme appartenant au nouveau cycle les jets apparus à haute latitude depuis 1951, donc bien avant l'extinction de l'activité de basse latitude.

Raie 6374. — Le contraste entre période de maximum et période de minimum est beaucoup plus faible que pour la raie 5303. D'autre part, les jets du nouveau cycle n'apparaissent avec une intensité notable qu'à partir de 1953, alors que l'ancien cycle est encore très actif en 1954. Cette différence de comportement peut vraisemblablement s'expliquer par la différence des potentiels d'ionisation correspondant à la production des ions de Fe_{X} et Fe_{XIV} auxquels sont attribuées, selon Edlen, les raies 6374 et 5303.

On est aussi frappé par l'apparition de nombreux jets d'intensité notable au voisinage des pôles : en raie verte, au pôle Sud en 1947 et au pôle Nord en 1951 ; en raie rouge, au pôle Nord en 1950. Qui plus est, ces régions actives se placent bien sur le diagramme dans le prolongement des branches commençantes du nouveau cycle. Il y a là un phénomène très remarquable qui conférera un intérêt tout particulier aux observations de la couronne à partir de 1958.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie réaliste des mésons pseudoscalaires.*

Note (*) de M. **Bernard Jouvet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il est montré que le seul postulat de l'existence de couplages pseudoscalaires de Fermi entre les nucléons et les leptons implique nécessairement l'existence de mésons pseudoscalaires dont les caractéristiques (masses et constantes de couplage) sont calculables à partir des propriétés des seuls champs de fermions.

Dans cette Note, nous étendons au cas des couplages PS chargés de Fermi le traitement que nous avons employé pour démontrer les équations de Maxwell-Dirac à partir d'un couplage vectoriel neutre de Fermi entre les électrons et les neutrinos ([1]). Nous supposons que les nucléons ($N = n, p$) et les leptons (L_0, L_1, $L_2 = \nu$, e, μ) sont couplés suivant le schéma :

$$(L_{10}) \overset{(\Lambda)}{\rule{2em}{0.4pt}} (L_{20}).$$

(*) Séance du 27 octobre 1954.

([1]) B. Jouvet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1642 ; 238, 1954, p. 55, 327 et 454 ; *J. Math.* (sous presse) ; *Thèse de Doctorat* (Sorbonne, 1954).

Définissons les noyaux d'interaction (NN), (NL_{i0}), $(L_{i0}L_{j0})$ qui, représentés par des graphiques de Feynman, sont formés par la somme de toutes les chaînes de boucles portant seulement deux nœuds ([2]), et relient deux lignes de fermions en étant attachés qu'en un point à chacune d'elle. Dans l'espace des impulsions ils prennent une forme algébrique et satisfont aux équations

$$\left\{\begin{aligned} &(NN) = \gamma \sum_i (NL_{i0}) K_{L_iL_0}, \\ &(NL_{i0}) = \gamma + \gamma \sum_{j \neq i} (NL_{j0}) K_{L_jL_0} + \gamma (NN) K_{np}, \\ &(L_{i0}L_{j0}) = \gamma(1 - \delta_{ij}) + \gamma (NL_{i0}) K_{np} + \gamma \sum_{k \neq j} (L_{i0}L_{k0}) K_{L_kL_0}; \end{aligned}\right.$$

$$\gamma = i\frac{g}{2\pi}, \qquad K_{\alpha\beta}(p) = \int d^4x\, e^{-ipx} K_{\alpha\beta}(x), \qquad K_{\alpha\beta}(x - x') = \langle P(j^5_\beta(x), j^5_\alpha(x')) \rangle_0,$$

$$j^5_\alpha(x) = \bar{\psi}_\alpha(x) \gamma^5 \psi_\alpha(x), \qquad (\alpha, \beta = n, p, L_0, L_1, L_2).$$

La solution en est

$$(NN) = \frac{1}{D} \left\{ \gamma^2 \sum_i K_{L_iL_0} + 2\gamma^3 K_{L_1L_0} K_{L_2L_0} \right\},$$

$$(NL_{i0}) = \frac{1}{D} \{ \gamma (1 + \gamma K_{L_jL_0}) \} \quad (i \neq j), \qquad (L_{10}L_{20}) = \frac{1}{D} \gamma (1 + \gamma K_{np})$$

$$(L_{10}L_{10}) = \frac{1}{D} \{ \gamma^2 (K_{np} + K_{L_2L_0}) + 2\gamma^3 K_{np} K_{L_2L_0} \},$$

$$D = 1 - \gamma^2 \left(K_{L_1L_0} K_{L_2L_0} + K_{np} \sum_i K_{L_iL_0} \right) - 2\gamma^3 K_{np} K_{L_1L_0} K_{L_2L_0}.$$

Chaque fonction K dépend après régularisation de deux constantes arbitraires, et, pour un intervalle de valeur de p^2 $(p_1^2 < p^2 < p_2^2)$ on peut, avec une approximation d'autant meilleure que les constantes de régularisation sont plus grandes, écrire $K_{\alpha\beta} \approx i(a_{\alpha\beta}p^2 + b_{\alpha\beta})$, ($a$ et b const.). A cette approximation les noyaux prennent alors la forme

$$(NN) \approx i \sum_l \frac{A^l_{NN}}{p^2 + \pi_l^2}, \qquad (NL_{i0}) \approx i \sum_l \frac{A^l_{NL_{i0}}}{p^2 + \pi_l^2}, \qquad (L_{i0}L_{j0}) \approx i \sum_l \frac{A^l_{L_{i0}L_{j0}}}{p^2 + \pi_l^2}.$$

Les constantes A^l_{uv} ($u, v = N, L_{10}, L_{20}$), et π_l^2 sont déterminées par les constantes $a_{\alpha\beta}$ et $b_{\alpha\beta}$, elles-mêmes fonctions des masses des fermions (les constantes de régularisations sont ou bien des constantes universelles ou bien des fonctions encore inconnues des masses des fermions intervenant dans chaque boucle) l'indice l peut dans cet exemple être égal à 1, 2, 3 puisque D a trois zéros. L'interprétation de ces noyaux en terme d'échange de mésons de masse π_l n'est possible

---

([2]) L'intervention de boucles portant plus de deux nœuds sera étudiée dans une publication ultérieure.

que si les constantes A^l_{uv} permettent de définir des constantes de couplages fermion-méson G_{u,π_l} telles que $A^l_{uv} = G_{u,\pi_l} G_{v,\pi_l}$ il faut pour cela que l'on ait

$$(A^l_{uv})^2 \equiv A^l_{uu} A^l_{vv}.$$

Définissant en toute exactitude les constantes A_{uv} et π^2_l par

$$D(-\pi^2_l) = 0 \qquad \text{et} \qquad A^l_{uv} = \frac{1}{i}[(uv)(p^2+\pi^2_l)]_{(p^2+\pi^2_l) \to 0},$$

on vérifie alors que l'on a

$$[D^2((uv)^2 - (uu)(vv))]_{(p^2+\pi^2_l \to 0)} \sim [D]_{(p^2+\pi^2_l) \to 0} = 0,$$

ce qui entraîne immédiatement la relation entre les A; par conséquent cette théorie permet de prévoir en principe non seulement les masses des mésons mais aussi la valeur des constantes de couplage entre ces mésons et les fermions. Certaines limitations de signe ou de réalité des constantes A et π^2 existent que nous ne pouvons aborder ici.

D'après la façon dont nous avons ici « construit » le méson il apparaît que celui-ci est toujours considéré comme une particule virtuelle, ce qui correspond bien à la réalité puisque le méson est toujours après un temps fini suivant son émission, soit absorbé soit désintégré. On peut s'affranchir de cette limitation et définir le méson « réel » avec des équations de Bethe-Salpeter, mais on ne peut plus alors calculer les constantes de couplage méson-fermion.

Il existe entre les différents fermions le terme d'interaction

$$I = \sum_{uv} \int d^4p \, J^5_u(p) \, (uv(p)) \, J^5_v(-p),$$

que l'on peut écrire

$$I = \int \sum_{ul} G_{u\pi l} J^5_u(p) \, \varphi_l(p) \, d^4p, \qquad \sum_l G_{u\pi l} \varphi_l(p) = \sum_v (uv(p)) \, J^5_v(-p),$$

ce qui définit les équations des mésons (φ_l) :

$$(p^2 + \pi^2_l)\varphi_l = \sum_u G_{u\pi_l} J^5_u.$$

THERMODYNAMIQUE. — *Nouvelle méthode de recyclage de vapeur, applicable aux postes d'évaporation à multiple effet.* Note de M. **Robert Pouit**, présentée par M. Georges Darrieus.

La constance de l'évaporation d'un poste à grande variation de prélèvement de vapeur d'ébullition est obtenue (pour de très faibles variations de débit du compresseur mécanique de recyclage) avec la combinaison de la compression mécanique et de la thermo-compression, par éjection d'un soutirage réduit de vapeur vive. Le réglage est assuré automatiquement par le débit du prélèvement variable.

Le principe de la méthode consiste, pour ne faire varier que de faibles quantités prédéterminées le débit du compresseur mécanique qui assure la partie la

plus importante du recyclage, à lui associer des thermo-compresseurs à éjection de débits unitaires égaux, chaque mise en ou hors service d'un éjecteur, à la demande du prélèvement variable, entraînant la mise instantanée du débit de compression mécanique à sa valeur minimum ou maximum de manière à varier d'une façon continue le débit de recyclage, en sens inverse du prélèvement variable. Le compresseur mécanique est établi pour que sa variation de débit suffise à maintenir la constance de l'évaporation dans l'intervalle pour lequel aucun éjecteur n'est en service.

Étude analytique. — Notations : V, consommation de vapeur; n, nombre d'éjecto-compresseurs. P_1, P_2, P_3, P_4, ..., prélèvements constants ordonnés par indice. C, prélèvement variable de o à C_{max} au premier effet; K, effet d'éjection; x, débit variable du compresseur; y, débit de vapeur vive éjectée. Données : P_1, P_2, P_3, P_4, C_{max} $\Delta x = x_{max} - x_{min}$. On suppose le poste constitué par quatre effets, éjection sur le premier effet, compression mécanique sur les deux premiers effets.

Consommation de vapeur $V = (V - y) + y = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + C$.

	1er effet :	$E_1 = (V - y) + y + Ky + x$	$=$	$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + Ky + x + C$
Évaporation.	2e »	$E_2 = E_1 - P_1 - Ky - C$	$=$	$P_2 + P_3 + P_4 + x$
	3e »	$E_3 = E_2 - P_2 - x$	$=$	$P_3 + P_4$
	4e »	$E_4 = E_3 - P_3$	$=$	P_4

Évaporation totale $(J - S) = P_1 + 2P_2 + 3P_3 + 4P_4 + Ky + 2x + C$

Débit du compresseur

(1) $$x = \frac{(J - S) - (P_1 + 2P_2 + 3P_3 + 4P_4)}{2} - \frac{K}{2}y - \frac{C}{2} = \alpha - \frac{K}{2}y - \frac{C}{2},$$

(2) $$x_{min} \quad \text{pour } C = C_{max}, \qquad y = 0, \qquad x_{min} = \alpha - \frac{C_{max}}{2};$$

(3) $$x_{max} \quad \text{pour } C = 0, \qquad y = y_{max}, \qquad x_{max} = \alpha - \frac{K}{2}y_{max};$$

(4) $$\Delta x = x_{max} - x_{min} = \frac{1}{2}(C_{max} - Ky_{max});$$ (5) $$y_{max} = \frac{1}{K}(C_{max} - 2\Delta x).$$

(6) Évaporation totale constante pour $Ky + 2x + C = \text{const.}$

(7) $$\frac{\partial x}{\partial C} = -\frac{1}{2} - \frac{K}{2}\frac{\partial y}{\partial C}.$$

Dans chaque intervalle (y constant) $\partial y/\partial C = 0$, la variation totale serait représentée pour $(Ky + 2x)$ par des tronçons de droites parallèles $(dx/dC = -1/2)$. A chaque changement d'intervalle (C constant), la continuité impose $\Delta(Ky) + \Delta'(2x) = 0$ comme $\Delta(Ky) = Ky_{max}/n$ on a d'après (5),

$$\frac{1}{n}(C_{max} - 2\Delta x) + 2\Delta' x = 0, \qquad n = -\frac{(C_{max} - 2\Delta x)}{2\Delta' x},$$

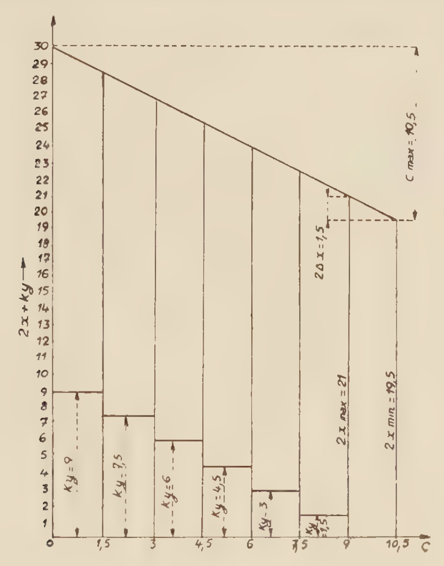
Comme l'on s'impose

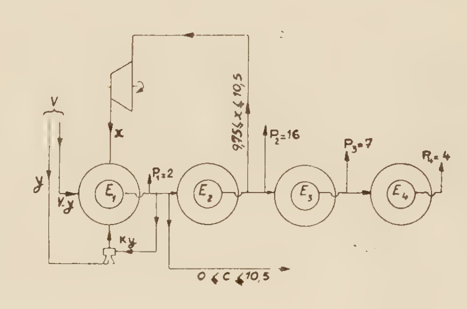
(8) $$\Delta' x = -\Delta x, \qquad n = \frac{C_{max}}{2\Delta x} - 1.$$

De (5) et (8) on déduit la relation

(9) $$y_{max} = \frac{2n}{k}\Delta x.$$

Variation de l'évaporation par effet. L'évaporation étant constante sur les 3e et 4e effets et sur l'ensemble du poste, les variations sont égales et de signe contraire sur les deux premiers effets. Comme $E_2 = P_2 + P_3 + P_4 + x$, $\Delta E_2 = -\Delta E_1 = \Delta x$, d'où la proposition : En recyclage mixte par éjection au premier effet, et par compression mécanique sur les deux premiers effets, les variations d'évaporation sur les deux premiers effets, égales et de signe contraire, sont numériquement égales à la variation de débit du compresseur mécanique.





Application. — $C_{max} = 10{,}5\,(0 < C < 10{,}5)$, $\Delta x = 0{,}75$, $P_1 = 2$, $P_2 = 16$, $P_3 = 7$, $P_4 = 4$, $(J - S) = 101$, $K = 2{,}5$.

$$\alpha = \frac{101 - (2 + 32 + 21 + 16)}{2} = 15, \qquad n = \frac{10{,}5}{0{,}75 \times 2} - 1 = 6, \qquad (n+1) = 7;$$

$$x_{min} = 15 - 5{,}25 = 9{,}75, \qquad x_{min} = 9{,}75 + 0{,}75 = 10{,}5, \qquad \frac{\Delta x}{x_{max}} = 7{,}14\,\%;$$

$$y_{max} = \frac{6 \times 2}{2{,}5} \times 0{,}75 = 3{,}6, \qquad V_{max} = 2 + 16 + 7 + 4 + 10{,}5 = 39{,}5;$$

$$V_{min} = 29 \qquad \frac{\Delta E_1}{E_1} = 1{,}5\,\%, \qquad \frac{\Delta E_2}{E_2} = 2\,\%.$$

Réglage du compresseur centrifuge. — Pour les faibles variations de débit admises, le réglage est fait par vannage sur l'admission. On obtient le même réglage dans chaque intervalle en commandant la vanne par un servo-moteur, en fonction de la dépression au col de buses calibrées branchées sur chacun des $(n+1)$ conduits de distribution de C, les conduits d'égal débit étant ouverts et fermés successivement par des vannes dont l'ouverture et la fermeture sont conjuguées automatiquement avec la fermeture et l'ouverture des obturateurs contrôlant les éjecteurs. Toutes les prises de dépression aboutissent à un collecteur commun. L'on s'arrange pour que les prises individuelles soient obturées aussi bien par la fermeture des vannes que par leur pleine ouverture. Ainsi, la seule dépression transmise au collecteur, est celle de la buse du der-

Sous cette forme, on voit que le courant inverse est égal à la totalité de la charge engendrée par unité de temps sous forme de porteurs minoritaires dans le volume et à la surface de la région intermédiaire. La recombinaison en surface est prépondérante lorsque $2s\tau/R > 1$. Tel est le cas, par exemple, si $R = 0,5$ mm et $\tau = 500$ µs lorsque s dépasse 50 cm/s. Une valeur aussi faible est très difficile à obtenir.

La méthode que nous avons utilisée est applicable au calcul du gain en courant du transistor à jonction. Ce calcul fera l'objet d'une prochaine publication.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesures relatives à la section efficace de fission du plutonium pour des neutrons lents* (1). Note de Mlle **Magda Galula**, MM. **Bernard Jacrot** et **Francis Netter**, présentée par M. Francis Perrin.

La variation de la section efficace de fission du plutonium avec l'énergie est déterminée pour les neutrons lents, mettant en évidence une résonance. Les résultats sont comparés à ceux de l'uranium.

Un spectromètre à temps-de-vol, utilisant les neutrons de la pile de Saclay, a été employé (entre novembre 1953 et janvier 1954) pour mesurer la variation de la section efficace de fission du plutonium en fonction de l'énergie des neutrons entre quelques électron-volts et zéro. La mesure consiste dans la comparaison entre les réponses spectrales d'une chambre d'ionisation à dépôt mince de plutonium et d'un compteur proportionnel à BF_3 placés successivement dans la même position. Le rapport des taux de comptage des deux détecteurs, corrigé d'un facteur tenant compte de l'auto-absorption dans le compteur à bore, est proportionnel au produit $\sigma_f v$ de la section efficace de fission par la vitesse moyenne pour le canal de temps-de-vol considéré.

Les mesures ont été effectuées en utilisant deux largeurs de résolution différentes suivant le domaine d'énergie étudié : 28 µs/m (largeur à la base d'un rectangle) et 16 µs/m (largeur à la base d'un triangle). Les points expérimentaux sont portés sur la figure 1 où σ_f est donné en unités arbitraires.

Résonance de fission. — La variation de σ_f présente une résonance très accentuée à une énergie de $0,298 \pm 0,002$ eV. La largeur expérimentale à mi-hauteur du pic de résonance est de 0,08 eV alors que la largeur à mi-hauteur du triangle de résolution est 0,04 eV. Cela correspond à un élargissement à mi-hauteur de l'ordre de 0,005 eV, ce qui est insignifiant, et à une réduction de l'ordonnée au pic de l'ordre de 9 %. Finalement, compte tenu de l'erreur

(1) Document retiré du pli cacheté n° 13.323 déposé le 12 avril 1954, ouvert à la demande des auteurs le 4 octobre 1954.

de fluctuation statistique sur la valeur expérimentale de cette ordonnée, on a σ_f au pic/σ_f à 0,025 eV $= 4,15 \pm 0,5$.

On observe que :

1° On ne peut pas rendre compte de la courbe par une formule de Breit-Wigner à un niveau. Si l'on ajuste la formule de Breit-Wigner pour rendre compte de la forme du pic, l'écart avec la courbe expérimentale est beaucoup plus grand (en $\sigma_f v$) à 0,008 eV qu'à 1 eV;

2° d'autres mesures faites avec une résolution de 2,8 μs/m montrent que la première résonance suivante est au-dessus de 10 eV, et donnent une limite supérieure à la contribution de ces résonances. Cette contribution est également limitée supérieurement par la valeur de la section efficace à 1 eV. Il n'est pas possible de rendre compte de la courbe expérimentale par une formule de Breit-Wigner à un seul niveau et un terme provenant des résonances positives supérieures;

3° une résonance négative permettrait d'expliquer la valeur de $\sigma_f v$ à 0,008 eV mais ne semble pas s'accorder avec la forme de la courbe vers 0,2 et 0,1 eV.

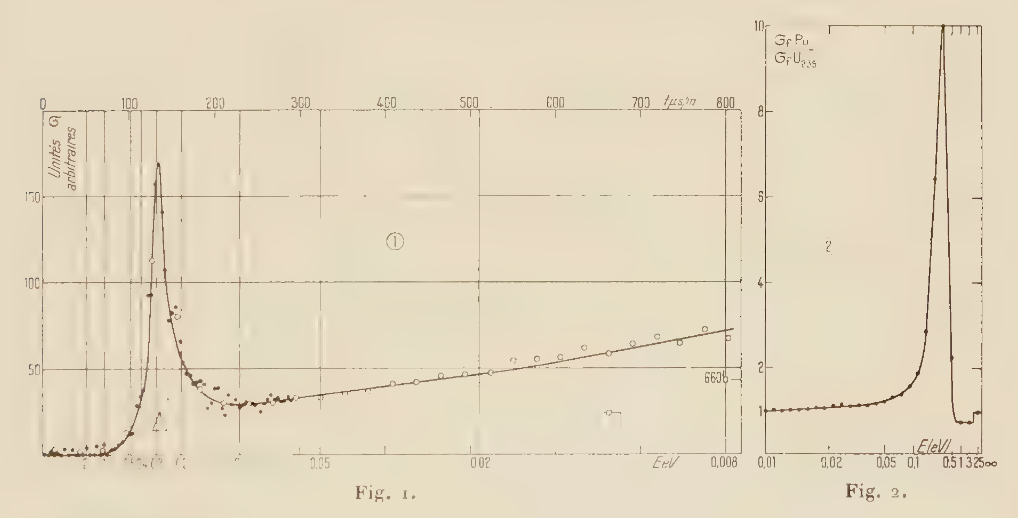


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Variation de σ_f en fonction de l'énergie E ou du temps-de-vol t. Les gros points sont obtenus avec 28 μs/m de résolution; les petits points avec 16,5 μs/m de résolution.

Fig. 2. — Variation avec l'énergie du rapport des sections efficaces de fission du plutonium et de l'uranium.

Réponse spectrale dans un flux de neutrons de pile. — La contribution des neutrons d'énergie supérieure à 0,6 eV est seulement 1 % du taux de comptage total de la chambre à fission de plutonium. La valeur de la section efficace moyenne σ_{fm} pour le flux quasi-maxwellien utilisé est sensiblement égale à la valeur de σ_f pour des neutrons monocinétiques de temps de vol 416 μs/m. On en déduit, à partir de la valeur 664 barns publiée [2] pour σ_{fm} dans un flux

(2) *Nature*, 4308, 1952, p. 871.

Sous cette forme, on voit que le courant inverse est égal à la totalité de la charge engendrée par unité de temps sous forme de porteurs minoritaires dans le volume et à la surface de la région intermédiaire. La recombinaison en surface est prépondérante lorsque $2s\tau/R > 1$. Tel est le cas, par exemple, si $R = 0{,}5$ mm et $\tau = 500$ μs lorsque s dépasse 50 cm/s. Une valeur aussi faible est très difficile à obtenir.

La méthode que nous avons utilisée est applicable au calcul du gain en courant du transistor à jonction. Ce calcul fera l'objet d'une prochaine publication.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesures relatives à la section efficace de fission du plutonium pour des neutrons lents* (1). Note de Mlle **Magda Galula**, MM. **Bernard Jacrot** et **Francis Netter**, présentée par M. Francis Perrin.

La variation de la section efficace de fission du plutonium avec l'énergie est déterminée pour les neutrons lents, mettant en évidence une résonance. Les résultats sont comparés à ceux de l'uranium.

Un spectromètre à temps-de-vol, utilisant les neutrons de la pile de Saclay, a été employé (entre novembre 1953 et janvier 1954) pour mesurer la variation de la section efficace de fission du plutonium en fonction de l'énergie des neutrons entre quelques électron-volts et zéro. La mesure consiste dans la comparaison entre les réponses spectrales d'une chambre d'ionisation à dépôt mince de plutonium et d'un compteur proportionnel à BF_3 placés successivement dans la même position. Le rapport des taux de comptage des deux détecteurs, corrigé d'un facteur tenant compte de l'auto-absorption dans le compteur à bore, est proportionnel au produit $\sigma_f v$ de la section efficace de fission par la vitesse moyenne pour le canal de temps-de-vol considéré.

Les mesures ont été effectuées en utilisant deux largeurs de résolution différentes suivant le domaine d'énergie étudié : 28 μs/m (largeur à la base d'un rectangle) et 16 μs/m (largeur à la base d'un triangle). Les points expérimentaux sont portés sur la figure 1 où σ_f est donné en unités arbitraires.

Résonance de fission. — La variation de σ_f présente une résonance très accentuée à une énergie de $0{,}298 \pm 0{,}002$ eV. La largeur expérimentale à mi-hauteur du pic de résonance est de 0,08 eV alors que la largeur à mi-hauteur du triangle de résolution est 0,04 eV. Cela correspond à un élargissement à mi-hauteur de l'ordre de 0,005 eV, ce qui est insignifiant, et à une réduction de l'ordonnée au pic de l'ordre de 9 %. Finalement, compte tenu de l'erreur

(1) Document retiré du pli cacheté n° 13.323 déposé le 12 avril 1954, ouvert à la demande des auteurs le 4 octobre 1954.

de fluctuation statistique sur la valeur expérimentale de cette ordonnée, on a σ_f au pic/σ_f à 0,025 eV $= 4,15 \pm 0,5$.

On observe que :

1° On ne peut pas rendre compte de la courbe par une formule de Breit-Wigner à un niveau. Si l'on ajuste la formule de Breit-Wigner pour rendre compte de la forme du pic, l'écart avec la courbe expérimentale est beaucoup plus grand (en $\sigma_f v$) à 0,008 eV qu'à 1 eV;

2° d'autres mesures faites avec une résolution de 2,8 μs/m montrent que la première résonance suivante est au-dessus de 10 eV, et donnent une limite supérieure à la contribution de ces résonances. Cette contribution est également limitée supérieurement par la valeur de la section efficace à 1 eV. Il n'est pas possible de rendre compte de la courbe expérimentale par une formule de Breit-Wigner à un seul niveau et un terme provenant des résonances positives supérieures;

3° une résonance négative permettrait d'expliquer la valeur de $\sigma_f v$ à 0,008 eV mais ne semble pas s'accorder avec la forme de la courbe vers 0,2 et 0,1 eV.

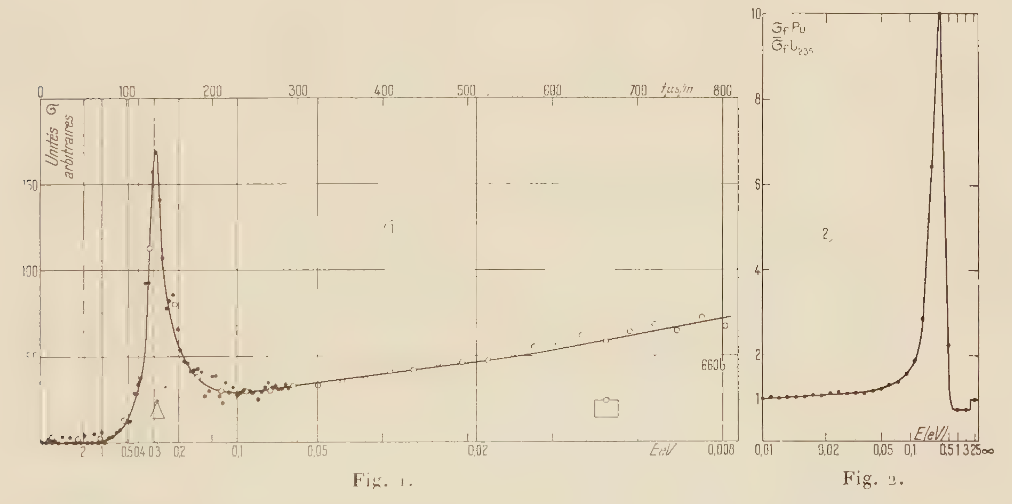


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1. — Variation de σ_f en fonction de l'énergie E ou du temps-de-vol t. Les gros points sont obtenus avec 28 μs/m de résolution; les petits points avec 16,5 μs/m de résolution.

Fig. 2. — Variation avec l'énergie du rapport des sections efficaces de fission du plutonium et de l'uranium.

Réponse spectrale dans un flux de neutrons de pile. — La contribution des neutrons d'énergie supérieure à 0,6 eV est seulement 1 % du taux de comptage total de la chambre à fission de plutonium. La valeur de la section efficace moyenne σ_{fm} pour le flux quasi-maxwellien utilisé est sensiblement égale à la valeur de σ_f pour des neutrons monocinétiques de temps de vol 416 μs/m. On en déduit, à partir de la valeur 664 barns publiée [2] pour σ_{fm} dans un flux

(2) *Nature*, 4308, 1952, p. 871.

quasi-maxwellien correspondant à la vitesse la plus probable 2 200 m/s, une valeur absolue grossière portée à titre indicatif sur la figure 1 par le repère de 660 barns.

Comparaison avec l'uranium 235. — Des mesures ont été effectuées où le dépôt de plutonium est remplacé par un dépôt d'uranium enrichi en ^{235}U (1/7 de ^{235}U dans l'uranium). On en déduit (*fig.* 2) la variation du rapport σ_f Pu/σ_f U des sections efficaces de fission. Pour un rapport 1,1 à 0,025 eV, il apparaît que ce rapport est :

1° de 0,95 pour l'ensemble des neutrons d'énergie supérieure à 6 eV;

2° de 0,7 pour l'ensemble des neutrons entre 6 et 0,75 eV, ce qui traduit l'existence des diverses résonances dans cette région pour ^{235}U;

3° la première résonance positive et la résonance négative de σ_f pour ^{235}U sont masquées par l'intensité de la résonance du plutonium.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude de la radioactivité de* $^{122}_{51}Sb$.
Note (*) de M. **Jean Moreau**, présentée par M. Francis Perrin.

Détermination des énergies et intensités des spectres β partiels de $^{122}_{51}Sb$ par spectrométrie magnétique; mise en évidence d'un quatrième spectre par spectrométrie magnétique en coïncidence. Un schéma de désintégration est proposé.

Malgré les nombreux résultats publiés sur les rayonnements de désintégration de $^{122}_{51}Sb$, il subsiste encore des désaccords sur les énergies, les intensités et sur le nombre et la nature des spectres β partiels; nous avons repris l'étude des rayonnements β et γ par spectrométrie magnétique directe et en coïncidence.

Le spectre β complexe a été étudié à l'aide du spectromètre solénoïdal [1]; la source était constituée par un dépôt uniforme d'antimoine d'épaisseur 1 mg/cm² environ et irradié pendant 50 h à la pile de Châtillon; la proportion des désintégrations de ^{124}Sb était de l'ordre de 1 %; le pouvoir séparateur du spectromètre était de 2 %.

En tenant compte des résultats de spectrométrie en coïncidence qui précisent l'énergie de certains spectres partiels, nous avons pu décomposer le spectre β direct (*fig.* 1) en quatre spectres β dont les énergies et intensités sont les suivantes :

Spectres β	1.	2.	3.	4.
Energie (KeV	1 970 ± 10	1 410 ± 10	900 ± 50	720 ± 20
Intensité (%)	21	60	7	12

Le diagramme de Fermi (*fig.* 2 *a*) du premier spectre correspond à une forme de spectre β de première interdiction avec changement de spin égal

(*) Séance du 27 octobre 1954.

(1) P. Bretonneau et J. Moreau, *J. Phys. Rad.*, 14, 1953, p. 25-30.

à 2 (coefficient C_1^2); ce type de transition correspond bien à la valeur élevée de ft ($\log ft = 8,7$); le second spectre obtenu par déduction du premier spectre, présente une forme permise en désaccord avec le résultat de J. M. Cork et collaborateurs ([2]).

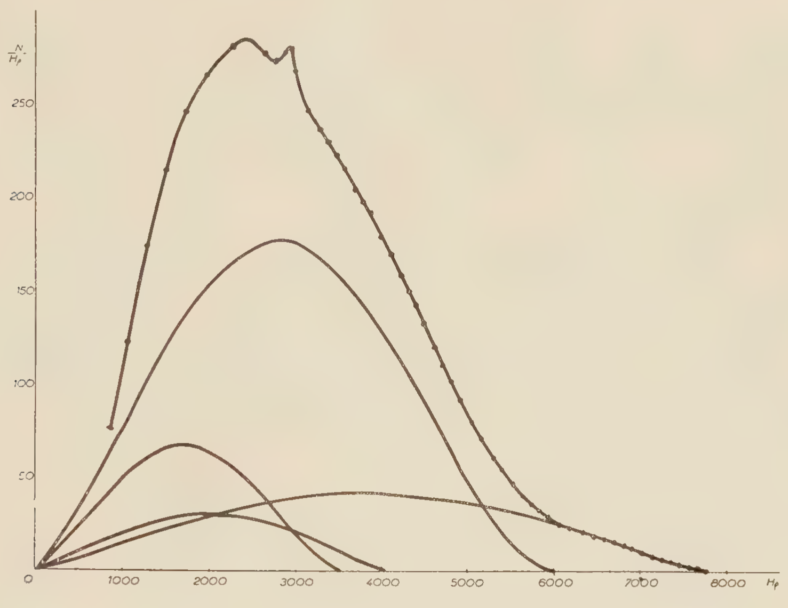


Fig. 1. — Spectre β.

Nous avons étudié ensuite les spectres en coïncidence avec tous les rayons γ avec un spectromètre à bonne efficacité de coïncidence βγ ([3]); le pouvoir séparateur du spectromètre était de 6 %. Le diagramme de Fermi (*fig.* 2*b*) confirme la forme permise du second spectre et montre qu'il doit exister un spectre β dont l'énergie limite serait d'environ 900 keV.

Nous avons cherché aussi les spectres en coïncidence avec les rayons γ d'énergie voisine de 1100 et 1200 keV, qui ont été mis en évidence seulement par scintillations ([2]). Le diagramme de Fermi (*fig.* 2*c*) indique deux spectres dont les énergies limites sont de 900 et 720 keV.

L'analyse du rayonnement γ en coïncidence avec des β a été faite pour deux valeurs de l'énergie des β. Le spectre γ direct obtenu par scintillation est représenté sur la figure 3*a*; à 1100 keV la raie de 558 keV apparaît en coïncidence (*fig.* 3*b*) mais la raie de 687 keV n'apparaît pas; à 300 keV les deux raies apparaissent; ce résultat est en accord avec les expériences de coïncidences γγ ([2]) qui établissent la cascade 558-687 keV.

([2]) J. M. Cork, M. K. Brice, G. D. Hinkman et L. C. Schmid, *Phys. Rev.*, 93, 1954. p. 1059.

([3]) J. Moreau, Lettre au *Journal de Physique* (à paraître).

L'étude du rayonnement γ a été faite aussi par spectrométrie magnétique. Le radiateur était un disque de plomb d'épaisseur 20 mg/cm²; les raies photoélectriques K et L du γ de 558 keV apparaissent mais, seule, la raie photoélectrique K du γ de 687 keV a pu être mise en évidence.

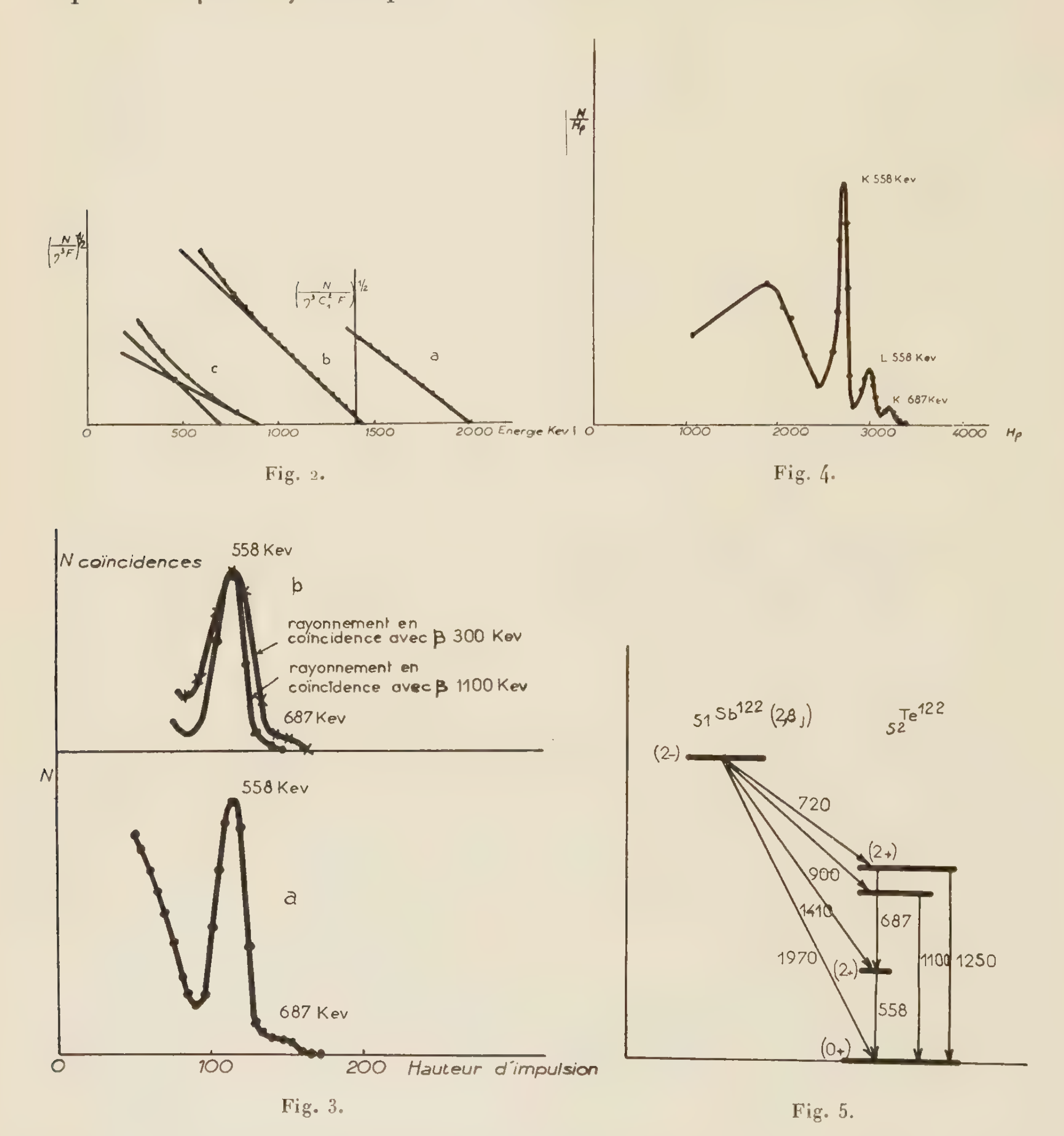


Fig. 2.

Fig. 4.

Fig. 3.

Fig. 5.

Fig. 2 : Diagrammes de Fermi. — Fig. 3 : Spectre γ direct et en coïncidence.
Fig. 4 : Électrons compton et photoélectrons γ de $_{51}Sb^{122}$.

Avec ces résultats, nous pouvons proposer le schéma de désintégration de la figure 5, où figurent seulement les rayons γ dont les intensités sont suffisantes pour être détectées par leurs raies photoélectriques ou par scintillation (1100-1200 keV).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Thermocinétique de la rehydratation des produits de décomposition de l'hydrargillite*. Note de MM. **Honoré Thibon** et **Edouard Calvet**, présentée par M. Paul Pascal.

Il est connu ([1]) que la décomposition thermique ménagée de l'hydrargillite conduit, lorsqu'elle est effectuée sous le vide d'une pompe à diffusion de mercure et à une température inférieure à 400°, à un mélange de boehmite et d'une phase d'alumine mal organisée indécelable aux rayons X et jouissant de la propriété d'être presque intégralement rehydratable par l'eau à 25°C. Si au lieu d'une hydrargillite Bayer normale (constituée par des agglomérats de 40 à 50 μ de diamètre moyen) on utilise une hydrargillite très fine (1/10e de micron) et à structure lamellaire ([2]); il n'apparaît pas de boehmite dans les conditions de chauffage indiquées plus haut : Jusqu'à 400° on obtient uniquement la phase d'alumine mal organisée éminemment rehydratable.

Nous avons étudié la thermocinétique de cette rehydratation en la réalisant dans un microcalorimètre Tian-Calvet ([3]). A cet effet on immergeait brusquement grâce à un dispositif spécial, 10 à 20 mg d'hydrargillite fine déshydratée dans 10 cm³ d'eau placés dans la cellule de l'appareil. La courbe enregistrée débit thermique-temps reproduisait fidèlement la thermocinétique du phénomène, la nature chimique des produits obtenus étant déterminée par examen aux rayons X.

On a, dans les conditions précédentes, effectué à trois températures différentes : 10, 25, et 35°C la rehydratation d'un échantillon d'alumine fine déshydratée pendant 20 h à 205°C sous vide poussé (formule Al_2O_3 0,47 H_2O) et présentant un diagramme X faible avec une seule raie mesurable (environ 1,40 Å),

L'examen des courbes enregistrées montre :

1° que la rehydratation donne lieu, dans les trois cas, à un premier phénomène exothermique rapide (1 h environ) se manifestant sur la courbe par une pointe aiguë, l'importance de cette pointe dépendant peu de la température dans les limites étudiées ;

2° que ce premier phénomène exothermique est suivi d'un deuxième dont la vitesse varie beaucoup avec la température : ainsi la courbe obtenue à 35° montre nettement un deuxième renflement exothermique avec maximum après 3 h d'immersion ; sur celle obtenue à 25° le renflement est plus faible et plus étalé (maximum après 14 h d'immersion) et enfin à 10° il n'apparaît pas encore au bout de 24 h.

([1]) R. Tertian, D. Papée et J. Charrier, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 98.

([2]) Thibon, Charrier et Tertian, *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 385.

([3]) E. Calvet, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1702.

Un examen aux rayons X par la méthode des poudres a montré que, tandis que le produit final obtenu à 10° ne renfermait que de l'alumine anhydre mal organisée et une substance amorphe, ceux obtenus à 35 et 25° étaient essentiellement constitués par un mélange de bayerite et d'alumine anhydre.

A 10° il ne s'est donc produit, au cours de l'expérience microcalorimétrique, aucun phénomène de rehydratation en bayerite, contrairement à ce qui a été observé à 25 et 35°C. Ceci tendrait à prouver que seul le deuxième effet thermique enregistré sur les courbes obtenues à 25 et 35° correspondrait à la formation de bayerite. En vue de préciser davantage la nature de chacun des deux phénomènes enregistrés, nous avons déterminé leur importance par intégration des courbes.

Le premier effet thermique est relativement faible : 15 à 16 cal. par gramme d'alumine mise en œuvre. A cause de cela on ne peut guère avoir affaire ici qu'à un phénomène d'adsorption. Remarquons que V. M. Stowe (4) avait déjà observé que la chaleur dégagée par l'immersion dans l'eau liquide de divers échantillons d'alumine fraîchement réactivée variait de 14,1 à 24,4 cal par gramme d'absorbant.

Dans le cas de l'immersion dans l'eau à 35°C, le deuxième effet thermique est beaucoup plus important. Il correspondrait à un dégagement de 130 cal environ par gramme d'alumine mise en œuvre. Il s'agit donc bien ici du phénomène chimique donnant naissance à la bayerite mise en évidence par les rayons X.

Remarquons maintenant que ce deuxième phénomène est lui-même relativement rapide bien qu'il soit réalisé en milieu non agité et que la solubilité dans l'eau de l'alumine soit très faible. Une explication de ce fait peut être donnée en admettant qu'il se produise dans la couche adsorbée et recouverte par l'eau liquide un glissement transversal des molécules d'alumine amorphe ayant fixé de l'eau, vers les centres actifs où s'amorcerait l'organisation cristalline de la bayerite, les surfaces dénudées étant de nouveau recouvertes et le phénomène s'accélérant avec le nombre des cristaux pouvant servir d'amorce, de façon à se manifester au microcalorimètre par une courbe en cloche.

Cette explication ne ferait pas intervenir la solubilité dans l'eau de l'alumine amorphe puisqu'il n'y aurait à aucun moment passage de molécules d'alumine dans la phase liquide. Toutefois, la présence d'un excès d'eau liquide paraît être, sinon nécessaire, du moins favorable. Ainsi D. Papée (5) a observé, dans ce cas et à la température de 25°C, l'apparition de la nouvelle phase cristalline

---

(4) *J. Phys. Chem.*, 56, 1952, p. 484-486-487-489.

Cet auteur avait opéré sur des alumines activées fabriquées couramment par l'Aluminum Company of American.

(5) *Thèse*, Paris, 1953, p. 52.

après un jour seulement au lieu de 25 jours en atmosphère saturée de vapeur d'eau. Une remarque analogue avait été faite antérieurement par Imelik (6).

Nous poursuivons l'étude de la thermocinétique de la rehydratation des produits de la décomposition thermique des divers hydrates d'alumine.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur l'azo-benzène et quelques dérivés disubstitués.* Note (*) de M. **Odilon Chalvet**, présentée par M. Louis de Broglie.

A l'aide de la méthode des orbitales moléculaires (1) nous avons calculé les niveaux énergétiques de l'azo-benzène et de quelques-uns de ses dérivés disubstitués en 4-4′ :

4′ ⟨ ⟩—N=N—⟨ ⟩ 4
3′ 2′ 1′ 1 2 3

Pour caractériser l'azote, nous avons utilisé le supplément d'intégrale coulombienne $\alpha = 0,75\beta$.

Nous avons étudié le cas de deux types de substituants : les groupes dont un atome introduit deux électrons dans le système conjugué tel NH_2, F, Cl, Br, I, et le groupe méthyle.

Dans le premier cas, la différence d'électronégativité de l'atome intervenant dans le système conjugué par rapport à celle du carbone, est représentée par une différence Δ dans l'intégrale coulombienne qui varie de 0 à 2β.

Le groupe méthyle est introduit selon la technique de l'hyperconjugaison avec les paramètres suivants (2) :

α_C-$0,1\beta$ pour le carbone C_1 du cycle porteur du substituant;
α_C pour le carbone C_2 du méthyle;
α_C-$0,2\beta$ pour le pseudo-atome H_3;
$0,7\beta$ pour la liaison C_1—C_2;
$2,5\beta$ pour la liaison C—H_3.

(α_C étant l'intégrale coulombienne moyenne pour un carbone aromatique et β l'intégrale moyenne de résonnance pour une liaison aromatique).

Les niveaux énergétiques permettent le calcul direct des énergies relatives aux premières transitions π — π. Le tableau I résume les résultats obtenus.

---

(6) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1284.

(*) Séance du 27 octobre 1954.

(1) L. Pauling et G. W. Wheland, *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2086.

(2) D'après Crawford, cité par A. Pullman et Metzger, *Bull. Soc. Chim. Fr.* (1948), p. 1023.

TABLEAU I.

Valeur de Δ caractérisant le substituant (en unités β).	Énergie de la première transition π — π (β).	Valeur de Δ caractérisant le substituant (en unités β).	Énergie de la première transition π — π (β).
0	0,3268	+2	0,7481
+0,5	0,4793	4.4′-diméthyl azobenzène	0,8252
+1	0,6142	Azobenzène	0,8551

Cet ensemble de résultats s'accorde bien avec le fait qu'un substituant peu électronégatif présente un effet bathochrome important et que cet effet diminue à mesure que son électronégativité augmente. P. P. Birnbaun, J. H. Linford et W. G. Style (³) ont mesuré l'énergie des transitions π — π du spectre d'absorption du *trans*-azo benzène et de quelques-uns de ses dérivés monosubstitués; ils ont trouvé 31 290 cm⁻¹ pour l'azobenzène, 30 180 cm⁻¹ pour le dérivé iodé, 30 410 cm⁻¹ pour le dérivé bromé, 30 510 cm⁻¹ pour le dérivé chloré, et 30 940 cm⁻¹ pour le dérivé fluoré.

On voit que cette énergie croît au fur et à mesure que l'électronégativité du substituant augmente. La théorie rend bien compte de ce phénomène puisque la valeur calculée pour cette énergie croît avec le paramètre Δ représentant cette électronégativité.

Dans le cas du dérivé méthylé, les auteurs attribuent à la première transition π — π la valeur 30 000 cm⁻¹; les paramètres utilisés tiennent bien compte de l'effet bathochrome du méthyle.

Les niveaux énergétiques permettent également le calcul, selon la technique de Wheland (⁴), de la contribution des électrons π aux barrières de potentiel radicalaires et électrophiles au cours de réaction d'addition en un temps sur la liaison N — N, le tableau II résume les résultats.

TABLEAU II.

Valeur de Δ caractérisant le substituant (en unités β).	Contribution des orbitales π aux barrières de potentiel radicalaires (β).	Contribution des orbitales π aux barrières de potentiel électrophiles (β).
0	4,763	4,762
+0,5	4,621	4,896
+1	4,555	5,059
+2	4,506	5,261
4.4′-diméthyl azobenzène	4,468	5,400
Azobenzène	4,459	5,459

(³) *Trans. Faraday Soc.*, 49, 1953, p. 735.

(⁴) *Voir* à ce sujet : BROWN, *Australian J. Sc. Res.*, 2, 1949, p. 564; CHALVET, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1953.

On pourrait être tenté de comparer ces nombres avec les mesures des chaleurs d'activation réalisées par Badger ([5]) et concernant l'oxydation de ces composés par l'acide perbenzoïque.

Mais le mécanisme suggéré par l'auteur pour cette réaction n'est pas celui d'une addition à un temps.

CHIMIE CRISTALLOGRAPHIQUE. — *Structure cristalline du thioindigo.* Note de Mme **Hélène von Eller**, présentée par M. Paul Pascal.

Le thioindigo peut se présenter sous deux formes cristallines monocliniques de groupe spatial $P\,2_1/c$ où la molécule est en configuration *trans*. Celle dont la structure a été déterminée est caractérisée par la maille suivante :

$$a = 7{,}91\,\text{Å} \pm 0{,}03\,\text{Å},$$
$$b = 3{,}97\,\text{Å} \pm 0{,}02\,\text{Å},$$
$$c = 20{,}41\,\text{Å} \pm 0{,}02\,\text{Å},$$
$$\beta = 93^\circ.$$

La structure a été résolue, en partie par la méthode de l'atome lourd, en partie par approximations successives. L'erreur sur les positions atomiques est évaluée, pour les atomes de soufre, de carbone et d'oxygène, respectivement, à 0,01, 0,04 et 0,03 Å. La plus grande part d'erreur provient de l'imprécision sur la coordonnée y parallèle au paramètre le plus court de la maille.

Les coordonnées sont les suivantes :

	$\frac{x}{a}$	$\frac{y}{b}$	$\frac{z}{c}$
C_1	0,950	0,071	0,0214
C_2	0,0145	0,202	0,0895
C_3	0,870	0,346	0,1246
C_4	0,875	0,490	0,1870
C_5	0,732	0,593	0,2138
C_6	0,577	0,540	0,1752
C_7	0,568	0,415	0,1126
C_8	0,716	0,296	0,0870
S	0,729	0,138	0,0085
O	0,160	0,154	0,1080

La figure donne deux des projections de la maille effectuées parallèlement à b et a.

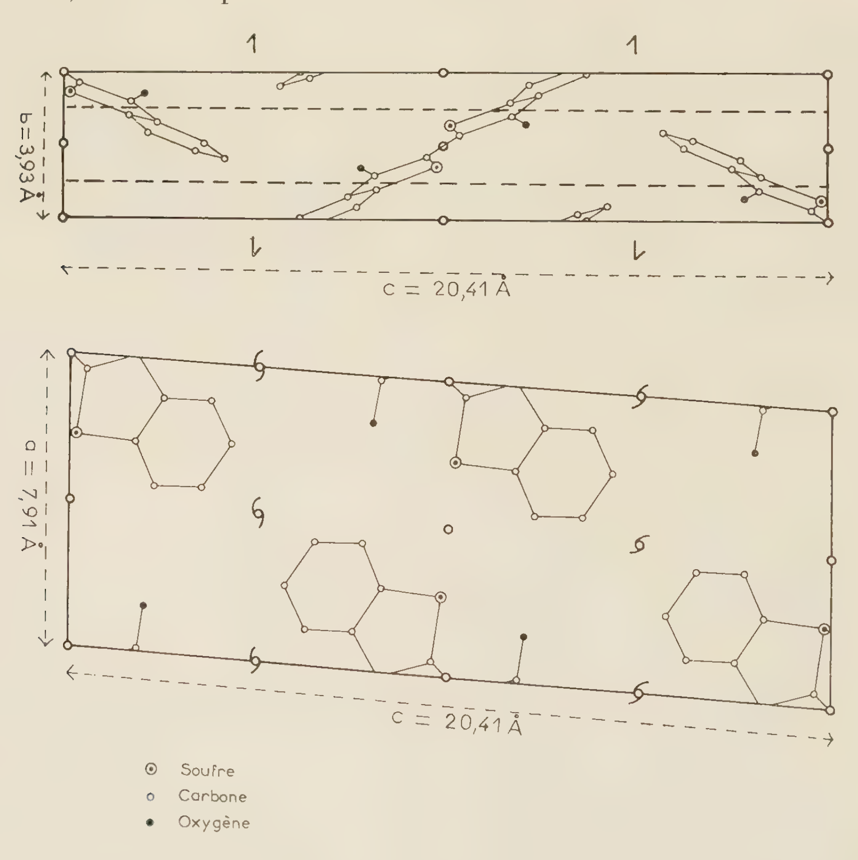
Les distances interatomiques et angles de valence dans la molécule, calculés à partir des coordonnées atomiques, sont les suivants :

([5]) G. M. Badger et G. E. Lewis, *J. Chem. Soc.*, juillet 1953, p. 2147-2150.

$C_1 - C'_1$	1,33 Å	$C_6 - C_7$	1,37 Å
$C_1 - C_2$	1,54	$C_7 - C_8$	1,38
$C_2 - C_3$	1,49	$C_8 - C_3$	1,42
$C_3 - C_4$	1,39	$C_8 - S$	1,72
$C_4 - C_5$	1,34	$S - C_1$	1,77
$C_5 - C_6$	1,43	$C_2 - O$	1,21

Angle ($C'_1 C_1 C_2$)	130°,1	Angle ($C_3 C_4 C_5$)	120°,9
» ($C_2 C_1 S$)	102,1	» ($C_4 C_5 C_6$)	116,4
» ($C'_1 C_1 S$)	125,4	» ($C_5 C_6 C_7$)	124,2
» ($C_1 C_2 C_3$)	109,8	» ($C_6 C_7 C_8$)	118,4
» ($C_1 C_2 O$)	118,9	» ($C_7 C_8 S$)	124,5
» ($C_3 C_2 O$)	131	» ($C_7 C_8 C_3$)	117,7
» ($C_2 C_3 C_8$)	110,1	» ($C_3 C_8 S$)	117,3
» ($C_2 C_3 C_4$)	127,7	» ($C_8 S C_1$)	91,5
» ($C_4 C_3 C_8$)	122		

Le plan moyen passant par les atomes de carbone d'une même moitié de molécule passe par l'origine. Les atomes de soufre et d'oxygène s'écartent de 0,11 et 0,18 Å de ce plan.



L'oxygène est à 2,82 Å de l'atome de soufre qui lui fait face dans la même molécule, distance très inférieure à la somme des rayons de van der Waals

des deux atomes (3,25 Å). Il n'y aurait pas d'autre atome de soufre dans le proche voisinage de cet atome d'oxygène.

D'après ces résultats, le thioindigo, semble-t-il, bien que possédant de grandes analogies avec l'indigo [1] et le sélénoindigo [2], se comporte d'une façon assez différente dans l'état cristallin.

CHIMIE DES COMPLEXES. — *Sur l'acide germanimandélique*. Note de Mlle **Ophélie Vartapétian**, présentée par M. Paul Pascal.

En présence d'oxyde de germanium, le pH des solutions aqueuses de nombreux hydroxyacides organiques 1-2 est fortement diminué. L'acide tartrique a déjà fait, à ce point de vue, l'objet d'une publication [1]. Ce phénomène peut être attribué à la formation d'hétéropolyacides plus forts que les constituants.

Les monoacides-α monoalcools, glycolique et mandélique, sont ainsi susceptibles de se combiner à l'oxyde de germanium pour donner des complexes acides, de stabilités différentes en solution.

L'acide mandélique $C_6H_5-CHOH-COOH$ dérive de l'acide glycolique par substitution d'un noyau benzénique en α de la fonction carboxyle, et il m'a paru intéressant de déterminer l'influence de cette substitution sur la stabilité des complexes formés avec GeO_2.

J'ai abordé l'étude du composé germanimandélique par des méthodes physico-chimiques. L'acide-alcool dont on dispose est inactif sur la lumière polarisée. L'absorption dans l'ultraviolet des solutions d'acide-alcool ne subit que de très faibles modifications en présence de GeO_2. En outre, on a constaté que ces solutions évoluent avec le temps et deviennent de plus en plus absorbantes. On a donc écarté l'emploi des méthodes optiques pour l'identification en solution du complexe. Par contre, on observe, en présence d'oxyde de germanium, un accroissement notable de la conductibilité électrique et de l'activité des ions H^+, dans les solutions d'acide mandélique. L'application de la méthode des variations continues [2] à ces deux propriétés des mélanges : oxyde de germanium-acide mandélique, a permis d'identifier le composé en solution. On a vérifié, au préalable, que ces propriétés sont sensiblement additives par rapport aux constituants simples.

Les courbes de la conductibilité électrique des mélanges équimoléculaires (0,0111 M; 0,0232; 0,0445; 0,0465 M) en fonction de leur composition,

---

[1] H. von Eller, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 975.
[2] H. von Eller, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1043.

[1] O. Vartapétian et A. Tchakirian, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 81.
[2] P. Job, *Ann. Chim.*, 9-10, 1928, p. 113.

présentent un maximum assez accentué pour une proportion de 66 % en acide mandélique, quelle que soit la concentration commune des deux corps purs. Si l'on considère l'activité des ions H^+ dans les mélanges, soit en solution aqueuse pure, soit dans NaCl(M) à force ionique sensiblement constante, on obtient les mêmes résultats. L'acidité est maximum pour les mélanges à 66 % d'acide mandélique. L'hétéropolyacide est donc constitué par union d'une molécule d'oxyde de germanium et de deux molécules d'acide-alcool. On a trouvé par ailleurs, une composition identique pour l'acide germaniglycolique (non encore publié).

La réaction de formation du complexe mandélique peut se formuler de la manière suivante :

$$\text{(I)}\quad GeO_2+2C_6H_5-CHOH-COOH \rightleftharpoons \left[\begin{array}{ccccc} C_6H_5 & CHO & & OHC & C_6H_5 \\ & | & \diagdown Ge \diagup & | & \\ & COO & \diagup \| \diagdown & OOC & \\ & & O & & \end{array}\right] H_2+H_2O$$

dans lequel le germanium aurait la coordinence 6.

L'acide germanimandélique, par la présence probable dans l'anion complexe de deux cycles unis à l'atome métallique, fait partie de la classe des composés chélatés, doués en général d'une grande stabilité.

La constante d'équilibre de la réaction (I) peut être calculée par la méthode de P. Sakellaridis ([3]). Celle-ci utilise une région quelconque de la courbe : $I=f(z)=f[z(x)]$, I étant une propriété additive des mélanges étudiés et z la concentration du complexe dans un mélange de composition $x(0<x<1)$. Pour deux points de même ordonnée de la courbe des écarts à la loi des mélanges, et qui correspondent à deux solutions de composition x et x', z prend la même valeur.

Si Γ est la concentration commune des solutions de GeO_2 et d'acide-alcool on a, dans le cas présent :

$$z=\frac{\Gamma\left(x+x'-\frac{1}{2}\right)^2-\left(\frac{1}{4}+xx'\right)}{3(x+x')-4} \qquad \text{et} \qquad K=\frac{[\Gamma(1-x)-z][\Gamma x-2z]^2}{z}.$$

Le tableau ci-dessous résume les résultats de quelques expériences effectuées dans NaCl (M), où Γ a varié de (0,0111 M) à (0,0465 M). La propriété utilisée et qui semble donner les résultats les plus précis est l'activité des ions H^+.

Γ.	x.	x'.	z.	K.
0,0465 M........	0,583	0,783	$1,44.10^{-2}$	$9\ .10^{-7}$
0,0111 M........	0,5	0,766	$2,56.10^{-3}$	$2,26.10^{-7}$
0,0232 M........	0,570	0,791	$6,02.10^{-3}$	$9\ .10^{-7}$
0,0111 M........	0,375	0,833	$1,8\ .10^{-3}$	$9,2\ .10^{-7}$

([3]) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2500.

Les valeurs obtenues pour K sont assez concordantes, et la constante d'instabilité du complexe chélaté peut être évaluée en moyenne à 7.10^{-7}. Pour l'anion germaniglycolique, la même méthode donne une constante d'environ 3.10^{-5}. La présence d'un noyau aromatique dans l'agent complexant renforce donc considérablement la stabilité du composé de germanium et d'acide-alcool.

Le composé mandélique identifié en solution a été isolé à l'état cristallisé. On fait dissoudre dans le moins d'eau possible GeO_2 et l'acide mandélique dans les proportions exigées par la formule (deux molécules d'acide-alcool pour une molécule d'oxyde). On évapore sous vide sec. Bientôt des cristaux blancs se déposent sur les parois et surnagent à la surface du liquide. Les cristaux recueillis sont séchés à poids constant à 100°C.

Le germanium est dosé sous forme de bioxyde, par calcination du produit au four à chauffage progressif jusqu'à 850°C. Le rapport expérimentalement obtenu, du poids d'oxyde au poids total du produit, est exactement égal au rapport calculé d'après la formule du composé en solution [réaction (I)]. Le diagramme de poudre aux rayons X, du produit isolé présente de nouvelles raies par rapport aux diagrammes des constituants pris séparément, et semble correspondre à un composé bien défini.

CHIMIE MINÉRALE. — *Réduction du bioxyde de titane par les siliciures de calcium. Préparation des siliciures de titane.* Note de MM. **William Freundlich**, **André Chrétien** et **Michel Bichara**, présentée par M. Louis Hackspill.

Utilisation des siliciures de calcium comme réducteurs d'oxydes métalliques pour préparer des alliages du silicium. Application au bioxyde de titane; préparation des siliciures Ti_5Si_3 et $TiSi_2$. Les siliciures de calcium se différencient pour la réduction de TiO_2 de la même manière que par fixation d'oxygène libre.

Nous avons montré que l'oxydation par l'oxygène libre des siliciures de calcium aboutit au silicate bicalcique $2CaO, SiO_2$ et silicium libre [1]. La présence de silicium s'ajoutant au caractère réducteur des siliciures de calcium a un intérêt particulier pour la préparation d'alliages du silicium à partir d'oxydes. Cette Note en donne un exemple pour la préparation de binaires définis titane-silicium à partir de l'oxyde TiO_2.

Le mélange des constituants mis en œuvre, rendu homogène et comprimé en pastilles, est chauffé dans une nacelle en alumine frittée, à l'intérieur d'un tube en alumine. Le produit de la réaction est identifié, après refroidissement, par examen radiocristallographique en utilisant le montage Seeman-Bohlin par transmission avec monochromateur. Chauffe et refroidissement sont faits sous pression réduite à 10^{-3} mm Hg.

---

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1045.

L'état final dépend essentiellement du siliciure utilisé, du rapport siliciure/TiO_2, et de la température. La différenciation entre $CaSi_2$, $CaSi$ et Ca_2Si, rencontrée pour la fixation de l'oxygène libre se retrouve ici :

— $CaSi_2$ réduit TiO_2 directement suivant la réaction :

(1) $$2CaSi_2 + 2TiO_2 \rightarrow 2CaO, SiO_2 + 3Si + 2Ti.$$

— $CaSi$ et Ca_2Si réduisent TiO_2 en deux stades, et $CaSi_2$ sert d'intermédiaire, ici encore :

(2) $$4CaSi + TiO_2 \rightarrow 2CaSi_2 + 2CaO + Ti$$

(3) $$4Ca_2Si + 3TiO_2 \rightarrow 2CaSi_2 + 6CaO + 3Ti.$$

Ces deux réactions ont lieu au-dessous de 700° ; au-delà, $CaSi_2$ formé réduit TiO_2 suivant la réaction (I). $CaSi_2$ n'est donc pas plus stable en présence de TiO_2 que dans l'oxygène si la température est suffisamment élevée.

Ainsi, avec $CaSi_2$, le titane et le silicium coexistent toujours, libres ou mutuellement liés. Avec les deux autres siliciures de calcium, le titane peut être libéré seul ; c'est le cas si $CaSi_2$ formé se trouve en présence d'une quantité insuffisante de TiO_2 pour l'utiliser, ou si la température est laissée trop basse. Il en est ainsi lorsque le rapport moléculaire siliciure/TiO_2 atteint 4 ou le dépasse pour $CaSi$, ou lorsqu'il dépasse ou égale 4/3 pour Ca_2Si. Dans le cas contraire, le silicium coexiste avec le titane, libres ou liés, à condition toutefois que la température dépasse 800°. La totalité du siliciure $CaSi_2$ est utilisée si ce rapport atteint 4/3 avec $CaSi$, et 4/5 avec Ca_2Si. Les réactions globales respectives sont :

(4) $$4CaSi + 3TiO_2 \rightarrow 2CaO, SiO_2 + 2CaO + 3Si + 3Ti$$

(5) $$4Ca_2Si + 5TiO_2 \rightarrow 2CaO, SiO_2 + 6CaO + 3Si + 5Ti$$

La réduction de TiO_2 par les siliciures de calcium donne finalement silicium et titane. Pour 3 at. Si on obtient respectivement 2, 3 ou 5 at. Ti, suivant que la réduction de TiO_2 est faite par $CaSi_2$, $CaSi$, ou Ca_2Si.

Silicium et titane s'unissent pour donner deux binaires : Ti_5Si_3 et $TiSi_2$, dont la formation dépend du rapport atomique Ti/Si et de la température. Ti_5Si_3 se forme directement. $TiSi_2$ en résulte, par action d'un excès de silicium :

$$5Ti + 3Si \rightarrow Ti_5Si_3,$$
$$Ti_5Si_3 + 7Si \rightarrow 5TiSi_2.$$

La chaux et le silicate bicalcique qui accompagnent ces siliciures sont éliminés facilement ; il suffit de traiter le produit par de l'acide acétique 50 % à 20°. Si l'on observe les conditions de température et composition des mélanges, précisées ci-dessus, chacun des deux siliciures de titane est obtenu avec un rendement quantitatif. Notre méthode apparaît ainsi comme excellente pour la préparation des binaires métalliques définis.

$TiSi_2$ était bien connu. Ti_5Si_3 a été signalé récemment (²), préparé par union directe des corps simples mis en jeu comme tels. Nous attribuons à ce dernier les données cristallographiques suivantes : maille hexagonale, de paramètres :

$$a = 7{,}40, \quad c = 5{,}14\ \text{Å}, \quad \frac{c}{a} = 0{,}69$$

hkl.	*d* (exp.) (Å).	I.	*hkl.*	*d.*	I.
110..........	3,69	f	202..........	1,99	f
200..........	3,19	f	221..........	1,74	f
111..........	2,99	f	311..........	1,68	f
201..........	2,69	f	400..........	1,60	f
002..........	2,57	m	113..........	1,55	f
210..........	2,42	F	222..........	1,50	m
102..........	2,38	f	321..........	1,41	f
211..........	2,19	TF	410..........	1,40	F
300..........	2,13	m	402..........	1,36	m
112..........	2,10	F	004..........	1,28	m

GÉOGRAPHIE. — *Sur la morphologie de la partie centrale de l'Anse de l'Aiguillon et sur ses rapports avec les modes d'écoulement.* Note de M. **Fernand Verger**, présentée par M. Charles Jacob.

Existence de mégarides longitudinales dans la vase. Ces mégarides sont en rapport avec les modes d'écoulement en nappe pendant la haute mer, tandis que les chenaux sont en rapport avec l'écoulement concentré pendant la basse mer.

Le domaine central de l'Anse de l'Aiguillon, dont nous avons déjà indiqué (¹) l'originalité morphologique, est caractérisé par la grande densité des chenaux de marée, par leur fine hiérarchisation et la présence de mégarides à la surface des vases.

Entre les chenaux, la surface des vasières — ou slikkes — est ondulée par des mégarides longitudinales (²), symétriques, de plusieurs mètres de longueur d'onde. La direction de ces mégarides, divergentes par rapport à l'entrée de l'Anse, correspond à celle du courant dans la nappe d'eau qui recouvre les slikkes, à la fin du flot comme au début du jusant. Fréquemment un petit sillon d'érosion s'établit dans la partie basse des rides.

De grands chenaux, ayant leur naissance en dehors du domaine central, traversent celui-ci et convergent vers le centre de l'Anse. Ces grands chenaux sont souvent bordés de levées atteignant exceptionnellement 500 m de largeur,

---

(²) Pietrokowsky, *J. Metals*, 3, n° 9, trans., 1951, p. 772-773.

(¹) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2248.

(²) *Cf.* L. M. J. U. van Straaten, *Géologie en Mijnbouw*, janvier 1953, p. 1-11.

comme sur la rive Sud de la Rivière de Marans. Ils se déplacent parfois latéralement et, dans ce cas, une ride est érodée, tandis que l'autre s'accroît par sédimentation latérale. La première, formée de vase dure, est plus haute que la seconde, car la sédimentation verticale, constante sur les slikkes, a pu se produire pendant plus longtemps sur la première que sur la seconde, celle-ci étant d'édification plus récente. Les grands chenaux reçoivent une série d'affluents et de sous-affluents sub-parallèles. Ce réseau de chenaux principaux, d'affluents et de sous-affluents est surtout en rapport avec l'écoulement concentré pendant la fin du jusant et le début du flot.

Ainsi, deux modes d'écoulement — écoulement en nappe et écoulement concentré — ont donné naissance à deux familles de formes.



Dans la partie en creux des mégarides, de petits sillons se sont établis. Leur direction recoupe celle des chenaux. Vue vers le Nord-Nord-Est, prise au Sud du Chenal de la Raque. [Les pieux que l'on voit dans l'angle supérieur droit ont environ 1 m de hauteur]. *Photographie aérienne de l'auteur*

On peut, en effet, observer la succession suivante de mouvements de l'eau :

1° Au début du flot, l'eau monte dans les chenaux principaux à partir de l'aval, puis dans les affluents.

2° La nappe d'eau, ensuite, partant de l'ouverture de l'Anse progresse sur les slikkes, en évitant les levées, au moins au début. Malgré la plus grande rapidité du courant dans les chenaux que sur les slikkes, la montée du niveau de l'eau est en général plus rapide sur celles-ci que dans les chenaux. De cette

manière, l'eau de la nappe peut se déverser à un certain moment du flot, dans les chenaux, par des ravins.

3° L'eau, enfin, recouvre tout; l'écoulement se fait surtout en nappe. Les chenaux sont alors des régions de turbulence.

4° Au jusant, l'eau s'écoule d'abord en nappe, ensuite par les chenaux. L'eau des slikkes se concentre dans les petits sillons creusés par le ruissellement dans la partie en creux des mégarides. La direction de ces dernières recoupe en général celle des chenaux qui collectent des séries entières de petits sillons parallèles dont certains parfois deviennent eux-mêmes, en se développant, de véritables chenaux.

Ainsi, c'est peut-être l'existence des mégarides qui, provoquant un début de concentration du drainage, est à l'origine du grand chevelu des chenaux qui n'existe que dans le domaine central de l'Anse. En effet, en dehors de celui-ci, sur les hautes slikkes, la lame d'eau ne semble jamais être assez épaisse pour permettre la formation de mégarides longitudinales régulières.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution géologique de l'Ennedi* (*Sahara oriental*). Note de M. **Marius Dalloni**, présentée par M. Charles Jacob.

On n'avait, jusqu'ici, quelques données sur la géologie du massif saharien de l'Ennedi que grâce à l'exploration du Général Tilho, qui a dressé la première carte de ces régions et les a sommairement décrites avec la collaboration de A. Lacroix [1], aux matériaux recueillis par le Commandant Carrier lors de la délimitation de l'Afrique équatoriale française et du Soudan anglo-égyptien, étudiés en 1925 par Denaeyer et Fritel, enfin, plus récemment, à une randonnée au Mourdi de K. S. Sandford [2]. On y connaissait ainsi l'existence des grès siluriens à *Harlania*, prolongeant ceux du Borkou et du Tibesti, considérés comme situés à la base des terrains primaires, ainsi que des empreintes de plantes du Carboniférien inférieur, recouvert par le « Continental intercalaire ».

Une mission de l'Institut de recherches sahariennes de l'Université d'Alger m'a permis de parcourir en 1953 une assez grande partie du massif, encore inexplorée. Dans l'ensemble, celui-ci est constitué par une puissante série d'assises presque entièrement gréseuses, d'allure tabulaire. La base, reposant sur le socle cristallin arasé, qui pénètre dans les profondes vallées du versant Sud et s'étend largement à l'Ouest, comprend des arkoses, des grès grossiers à dragées quartzeuses, puis des dalles de grès dur; il s'y intercale, sur les hauts plateaux séparant Dioukkema

---

(1) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 1169.

(2) *Quart. Journ. of the Geolog. Society of London*, 91, 1935.

de l'Ouadi Sagoni, des lentilles d'hématite où l'on reconnaît la structure lamellaire et contournée des *Collenia* : c'est, sans doute, l'équivalent stratigraphique des grès à *Conophyton*, que j'ai découverts en 1945 entre le Tibesti et le Kaouar, c'est-à-dire du Cambrien ([3]).

Les couches qui viennent ensuite, en continuité évidente de sédimentation, sont souvent blanchâtres, peu cimentées, ou recouvertes d'une patine fauve, riches en mica détritique, parfois durs, fortement diaclasés. Sur le plateau de Telaki, entre Archei et Fada, j'ai recueilli dans les grès friables de nombreuses columnales de *Platycrinitidæ*, probablement du genre *Pleurocrinus*. Au-dessus, les strates où abondent les *Harlania* contiennent d'autres organismes problématiques, *Cruziana*, *Spirophyton*, etc.

Ce Silurien de l'Ennedi, loin d'être rigoureusement horizontal, est parfois affecté, comme en des régions voisines d'un pendage accusé, sur le pourtour de la plaine de Dougouro-Gouani, par exemple, en nette discordance avec les assises qui le surmontent et dans lesquelles je n'ai pu trouver trace de fossiles. Ces grès en bancs peu épais, bien stratifiés, doivent représenter le Dévonien, que K. S. Sandford a cru reconnaître aussi au Nord du massif, sans pouvoir le caractériser paléontologiquement, dans des schistes, des grès et des calcaires transgressifs et discordants sur la série précédente. La réalité des mouvements calédoniens dans le Sahara oriental serait ainsi confirmée.

Le Carboniférien paraît former les sommets du massif, qui ne dépassent pas 1500 m et une bonne partie des plateaux qui s'étagent en gradins sur les deux versants. Ce sont toujours des grès, à ciment siliceux ou ferrugineux, blancs, noirs ou rougeâtres où j'ai pu observer, non seulement aux confins du Darfour, mais dans l'Ouest de l'Ennedi, des empreintes de plantes du Dinantien inférieur : *Archæocalamites* sp., *Cyclostigma kiltorkense*, *Archæosigillaria* cf. *vanuxemi*, *Knorria*, *Sphenopteris stangeri* ? C'est la flore du Kaouar, décrite par M. Corsin ([4]). Ailleurs, dans des psammites rouges, ce sont de véritables lumachelles de grands *Spirophyton*.

Mais, dans les escarpements qui dominent l'Ouadi Dougouro, des grès quartziteux, très blancs dans la cassure, à empreintes de Céphalopodes, indiquent la présence de formations marines dans ce Carboniférien; elles n'étaient pas connues à l'Est du Kaouar, où je les ai rencontrées, en 1945, non loin des couches à plantes de Défirou.

Les premiers contreforts de l'Erdi-Ma, qui disparaît plus au Nord sous les dunes du Désert libyque, m'ont donné, dans des grès et marnes

---

([3]) *Travaux de l'Institut de recherches sahariennes* (Mission scientifique du Fezzan), 1948.

([4]) *Archives du Muséum national d'Histoire naturelle* (6), 11, 1934.

bariolés, beaucoup de bois silicifiés d'une remarquable conservation, dont M. Boureau a commencé l'étude; ce complexe continental est certainement crétacé.

Entre l'Ennedi et l'Erdi-Ma, la dépression du Mourdi, envahie par les dunes, où les fulgurites ne sont pas très rares, présente, dans le fond de quelques cuvettes, un « banco » très sableux à coquilles de Mollusques d'eau douce. Des coulées éparses de roches basaltiques, sur le versant Sud du massif, révèlent des éruptions volcaniques récentes dont l'origine reste à déterminer.

PALYNOLOGIE. — *Observation de quelques cas d'entomophilie chez des Graminées tropicales.* Note de M. **Paul Jaeger**, présentée par M. René Souèges.

Chez diverses Graminées tropicales, spontanées ou cultivées, le pollen est collecté d'une façon assidue par des Hyménoptères. Le mode de pollinisation de ces plantes est cependant typiquement anémogame. A certaines époques de l'année, pauvres en fleurs (saison pluvieuse), l'Insecte prend le pollen là où il le trouve quelle que soit la spécialisation, anémogame ou entomogame, de la fleur.

L'adaptation des Graminées à la pollinisation anémogame semble évidente. Aussi peut-il paraître étonnant de rencontrer sur leurs fleurs des Insectes tels que des Hyménoptères qu'on sait cependant remarquablement outillés pour la pollinisation entomogame. Or, nous avons effectivement observé de ces Insectes sur les fleurs de diverses Graminées tropicales, cultivées ou spontanées, telles que : *Sorghum vulgare* Brot. (Sorgho, Gros Mil); *Pennisetum typhoideum* Rich. (Petit Mil); *Zea Mays* L. (Maïs); *Cymbopogon giganteus* Chiov. (Beignefalla); *Andropogon Gayanus* Kurth.; *Ctenium elegans* Kurth.; *Setaria Chevalieri* Stapf.

Les observations sur le *Sorghum* et le *Pennisetum* furent effectuées en septembre-octobre 1943, 1951, 1952 et 1954 dans les champs du village de Fodébougou au pied de la falaise sud-ouest du massif de Kita (Soudan Occidental). Dès la pointe du jour, avant même le lever du soleil, les fleurs du Sorgho sont visitées par une foule d'Abeilles (*Apis mellifica* L.) empressées de s'emparer du pollen des anthères fraîchement épanouies et déhiscentes. Ce phénomène s'accompagne d'un bourdonnement intense qui ne dure guère plus de 15 à 20 mn; en effet, dès le lever du soleil, les Insectes, chargés de leur butin, se retirent un à un pour le reste de la journée et le phénomène ne reprend que le lendemain matin à la même heure. Chez le Petit Mil, comme chez le Sorgho, le phénomène débute à la première heure, on perçoit le même bourdonnement caractéristique et parfois même les Abeilles constituent, au niveau des inflorescences, de véritables amas grouillants. L'examen microscopique montre qu'il y a identité entre les grains de pollen du *P. typhoideum* et ceux que les Insectes entassent dans

leur appareil collecteur. Ces observations, menées de front pendant plusieurs jours consécutifs, et aboutissant, à plus de dix ans d'intervalle, à un résultat identique, nous autorisent de dire que, dans cette partie du Soudan, la visite des fleurs du Sorgho et du Petit Mil par l'*A. mellifica* doit être considérée comme un phénomène constant.

Pour ce qui est des autres Graminées citées plus haut, les observations, enregistrées pour la plupart dans la région de Kita, sont loin de présenter la même continuité. Ainsi, au début d'une matinée de septembre nous avons observé sur un bowal des Abeilles en train de ramasser le pollen des anthères de *Ctenium elegans*; au cours d'une après-midi d'août, ces mêmes Insectes étaient affairés autour des étamines du Maïs. Un matin de décembre vers 8 h l'*A. mellifica* a été remarquée sur les fleurs du Beignefalla. Vers la mi-novembre, de grand matin, un peuplement d'*Andropogon Gayanus* était l'objet d'une visite assidue de la part de ces mêmes Hyménoptères, qui, nombreux et en faisant entendre le bourdonnement habituel, enlevaient le pollen de la Graminée. Citons enfin le cas du *Setaria Chevalieri* dont le pollen est collecté par un Apidé; cette dernière observation fut faite en commun avec B. Küllenberg et R. Schnell au début d'août vers midi sur les bords d'une route forestière à proximité de Guiglo (Côte-d'Ivoire).

Dans les cas envisagés l'Hyménoptère favorise-t-il la pollinisation croisée ? Les Graminées sont souvent dichogames; mais comme la fleur protogyne du *P. typhoideum* n'est visitée que quand elle est parvenue au stade mâle et que l'ébranlement produit par le contact insecte-anthère est minime, il y a peu de chances qu'il puisse y avoir transport de pollen d'une fleur vers une autre se trouvant au stade femelle. Chez les espèces étudiées la pollinisation est essentiellement anémogame; il y a *entomophilie* et non *entomogamie*.

Cette entomophilie des Graminées s'explique à notre avis par le fait que ces plantes vivent sous les tropiques, dans des régions pauvres en fleurs et l'Abeille, devant la nécessité de nourrir ses larves, prend le pollen là où elle le trouve sans se soucier de la spécialisation de l'appareil floral. Il arrive même que l'Insecte s'adresse à des substances pulvérulentes autres que le pollen : ainsi, au marché de Séguéla (Côte d'Ivoire) avons-nous remarqué des Abeilles ramasser, d'une façon assidue, de la farine de Manioc.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Inversion de polarité dans le bourgeonnement de* Salmacina incrustans (*Clap.*) Note de M. **Jean Cresp**, présentée par M. Louis Fage.

Le bourgeonnement de *Salmacina incrustans* peut être observé sur des animaux dépouillés de leur tube et placés dans de petits cristallisoirs maintenus à la température du laboratoire (23° en moyenne). Dans ces conditions, au cours d'observations prolongées dépassant 40 jours, j'ai pu constater la formation de trois bourgeons successifs aux dépens de

l'abdomen d'un individu initial. La première manifestation du bourgeonnement consiste toujours en l'apparition d'une paire d'ébauches branchiales (*b*) sur la face dorsale de la région antérieure de l'abdomen. La portion du corps de l'individu située en arrière de ces ébauches branchiales évoluera pour donner un individu complet tandis que la souche reconstituera un pygidium et une zone de prolifération de segments qui entrera en fonctionnement avant même le détachement du bourgeon. La différenciation d'une paire d'ébauches branchiales peut se reproduire ensuite à un niveau plus antérieur de la région abdominale de la souche et engendrer un deuxième, puis un troisième bourgeon.

L'apparition des ébauches branchiales du deuxième bourgeon peut s'effectuer selon trois modalités chronologiques différentes :

1° Dans la majorité des cas, ces ébauches apparaissent deux ou trois jours après le *détachement* du bourgeon précédent.

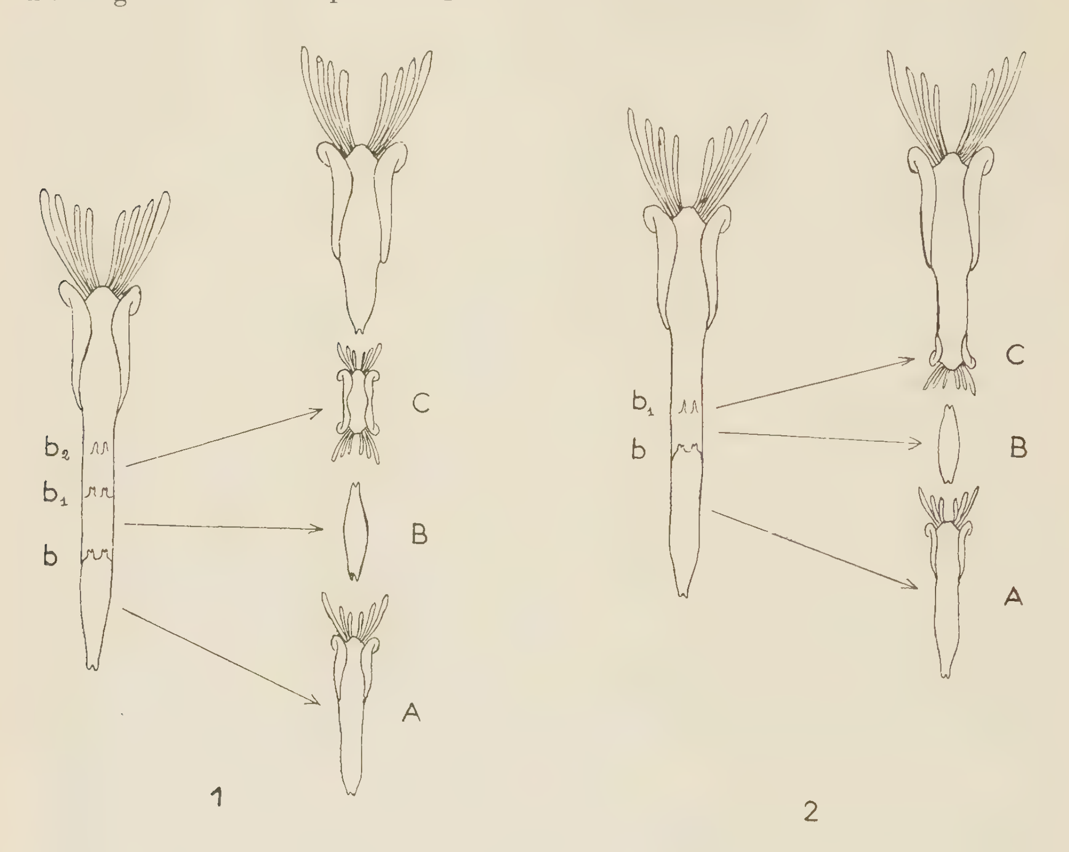
2° Dans quelques cas, les ébauches du second bourgeon se manifestent avant le détachement du premier. L'évolution physiologique particulière conduisant à la subdivision de la souche et à la formation d'un second bourgeon n'est donc pas déclenchée par le détachement du premier. Elle a débuté avant ce détachement. Si l'on considère les phénomènes de bourgeonnement comme dus à la rupture d'un système métabolique axial d'intégration et à la régulation ultérieure de ses deux fragments, il est vraisemblable que, dès l'indication du premier bourgeon par la différenciation de ses ébauches branchiales, la souche se trouve physiologiquement isolée et commence, dès ce moment, à évoluer vers une nouvelle subdivision.

3° Dans certains cas exceptionnels, deux à trois jours après la différenciation des ébauches branchiales du premier bourgeon, on peut voir apparaître un nouveau groupe d'ébauches branchiales séparées des précédentes par deux à six segments au maximum. Dans ce processus accéléré, deux modalités peuvent alors se présenter :

a. Ces nouvelles ébauches branchiales forment deux groupes séparés par deux ou trois segments (*fig.* 1, b_1, b_2). La plus postérieure de ces ébauches montre bientôt une inversion de sa polarité et l'ensemble se présente alors comme deux têtes opposées dont chacune a donné naissance, par épimorphose, à une couronne branchiale normale et à deux segments thoraciques (*fig.* 1, C). Les segments abdominaux primitifs séparant ces deux têtes se sont transformés en segments thoraciques par morphallaxie. La portion du corps située entre la tête inversée et le premier bourgeon peut évoluer en donnant un fragment à deux queues opposées (*fig.* 1, B).

b. Le nouveau groupe d'ébauches branchiales apparaissant en avant du premier bourgeon est simple (*fig.* 2, b_1). Sa polarité se trouve inversée et une morphallaxie, portant sur trois ou quatre segments, progresse sur la souche d'arrière en avant, c'est-à-dire en sens inverse de la morphallaxie

normale (*fig.* 2, C). Le fragment court, séparant le bourgeon inversé du bourgeon normal, peut, comme dans le cas précédent, évoluer en donnant un fragment à deux queues opposées (*fig.* 2, B).



Ces formations exceptionnelles ne s'observent que dans le cas d'une forte accélération dans le processus de rupture du système physiologique d'intégration qui caractérise le bourgeonnement.

L'inversion de la polarité, dans les têtes bourgeonnées, apparaît liée à la proximité et à la quasi-simultanéité de l'évolution des différents bourgeons apparus. Il est vraisemblable qu'elle résulte d'une interaction secondaire entre les ébauches voisines et simultanées. Les relations de symétrie entre les bourgeons voisins sont analogues à celles que l'on observe entre les composants des formations multiples.

Ces inversions de polarité rappellent les phénomènes d'*hétéromorphose polaire* observés dans la régénération de fragments courts d'Annélides, notamment dans le groupe des Sabelles proche des Serpulides, chez *Myxicola æsthetica* (Clap.) [1]. L'étroite parenté qui existe entre les processus

---

[1] M. Abeloos, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2259.

de la régénération et ceux du bourgeonnement se retrouverait dans la production des formations anormales.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Effet protecteur de greffes bréphoplastiques d'os à moelle contre l'action des rayons X chez la Souris.* Note de MM. **Raoul-Michel May** et **Noubar Arpiarian**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Congdon, Uphoff et Lorenz [1] ont conclu que l'injection de moelle osseuse a un effet bénéfique chez les animaux irradiés. L'action destructrice des rayons X sur les tissus hématopoïétiques est inchangée, mais la régénération de ceux-ci, beaucoup plus poussée, les préserverait et permettrait leur guérison.

Nous avons repris ces expériences en soumettant des séries de 20 Souris albinos à un rayonnement X de 1100 r sous 70 kV. Les injections de moelle osseuse faites dans le péritoine après irradiation ne les préservent pas des effets mortels du rayonnement : 25 % de survivants injectés, 35 % de survivants non injectés.

De même l'injection intrapéritonéale de rate adulte n'a pas d'effet bénéfique sur des Souris traitées de façon semblable.

Des rates et des foies de nouveau-nés, greffés de façon bréphoplastique, dans la cavité péritonéale d'adultes, prennent parfaitement dans un certain nombre de cas. Les rates acquièrent la structure histologique de tissus spléniques adultes; mais elles n'ont pas d'effet de protection contre les rayons X.

Nous avons alors implanté des membres de Souriceaux nouveau-nés à des Souris adultes. Une patte antérieure et une patte postérieure, écorchées et débarrassées de la plupart de leurs muscles, sont introduites dans une loge sous le muscle peaucier dorsal. Les deux greffons se développent parfaitement et persistent pendant plusieurs mois. La moelle osseuse encore un aspect normal 60 jours après cette opération.

Ces greffes bréphoplastiques ont eu un réel effet bénéfique contre l'action des rayons X, surtout à de fortes doses (1100 et 1200 r, sous 70 kV).

Là, non seulement la moyenne du temps de survie est plus élevée, mais, avec 1200 r, il y a eu 47,6 % de Souris irradiées et greffées qui ont subsisté jusqu'au sacrifice, contre 13 % de Souris simplement irradiées (*fig.* 1 et 2).

Les résultats bénéfiques se font sentir encore avec 1100 r : 50 % de survivants greffés contre 35 % de survivants non greffés. A 1000 r il y a 85 %

---

(1) *J. Nat. Cancer Inst.*, 13, 1952, p. 73.

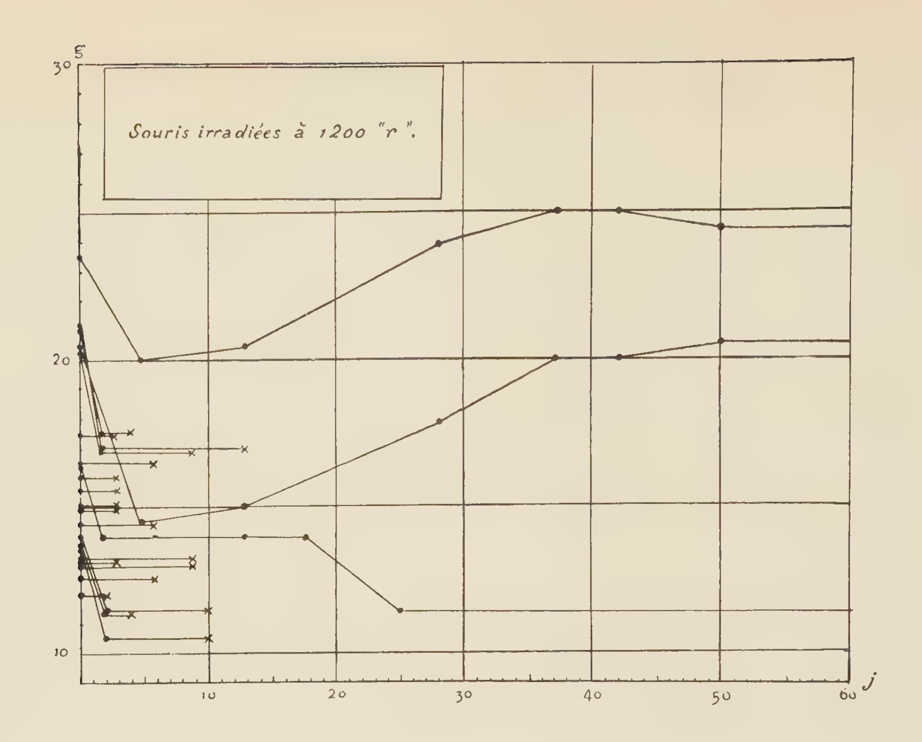


Fig. 1. — Courbes de survie de Souris ayant subi une irradiation X de 1200 r.

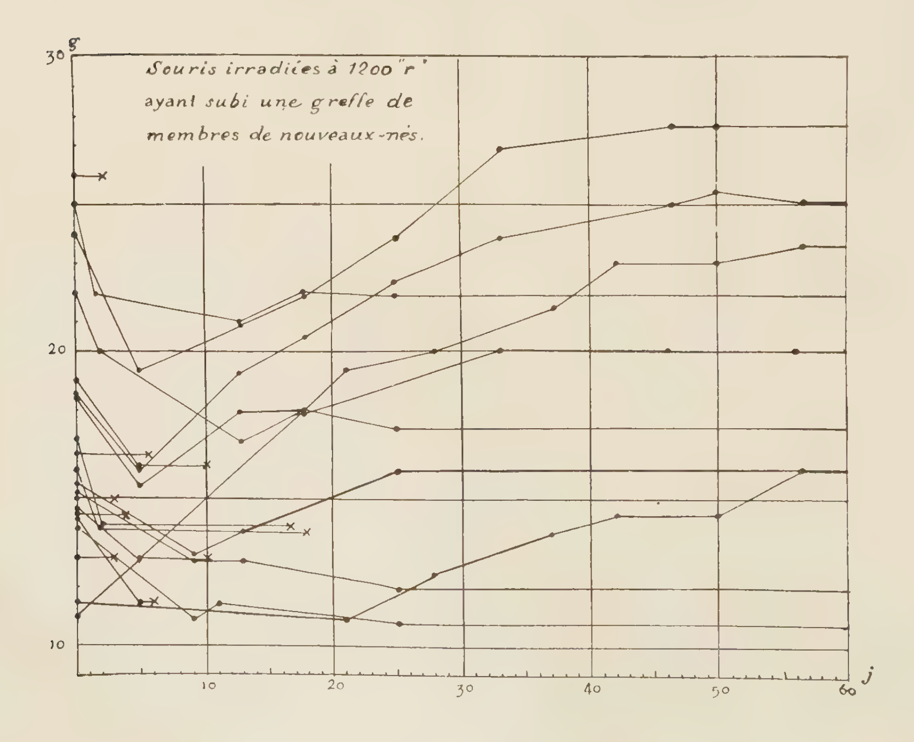


Fig. 2. — Action d'une greffe de membres de nouveau-nés sur des Souris irradiées à 1200 r.

de survivants greffés contre 62 % de survivants non greffés, et à 900 r, 100 % de Souris greffées contre 75 % de souris non greffées.

Nous pouvons conclure que la greffe bréphoplastique d'os à moelle, dont les résultats morphologiques à longue échéance sont positifs, a également des effets bénéfiques et protège jusqu'à un certain degré des Souris préalablement irradiées.

GÉNÉTIQUE. — *Sur le rajeunissement par le froid des souches de* Podospora anserina. Note de Mlle **Denise Marcou**, présentée par M. Roger Heim.

Une température de 3°, à laquelle la croissance de *P. anserina* est presque nulle, détermine un rajeunissement lorsqu'elle agit sur des mycéliums en cours de développement ou déjà visiblement sénescents. Ce rajeunissement est proportionné au temps d'action du froid et on peut obtenir de cette manière le rajeunissement complet des souches.

Chez *Podospora anserina*, dans des conditions données, la longévité de chaque souche peut être caractérisée par une courbe. La forme de celle-ci est fonction du génotype (1); elle varie également avec les conditions extérieures et en particulier avec la température (2). Les expériences réalisées ont montré que la longévité augmente lorsque la température diminue, et suggèrent la possibilité d'une croissance infinie à une température inférieure à 16°. On sait par ailleurs qu'à une température voisine de 0° les souches jeunes ne vieillissent pas (3). Ces divers éléments nous ont incitée à étudier l'action de basses températures, non plus seulement sur des souches jeunes, mais sur des mycéliums à des stades variés de leur évolution, c'est-à-dire jusqu'au stade de la sénescence visible. La difficulté du problème résulte du fait qu'en dehors des quelques jours précédant la mort, il n'existe aucun point de repère pour déterminer le degré d'évolution d'une souche. Nous avons pu pallier dans une certaine mesure cette difficulté. En effet, si l'on envisage toute une série de lignées issues d'une ascospore uninucléée et cultivées séparément, au moment où les premiers morts apparaissent, les lignées encore apparemment normales sont à des degrés variés de vieillissement (*loc. cit.*). Si, à ce moment précis, on fait agir le froid sur l'ensemble de ces lignées, on peut espérer obtenir un résultat au moins statistique de son action.

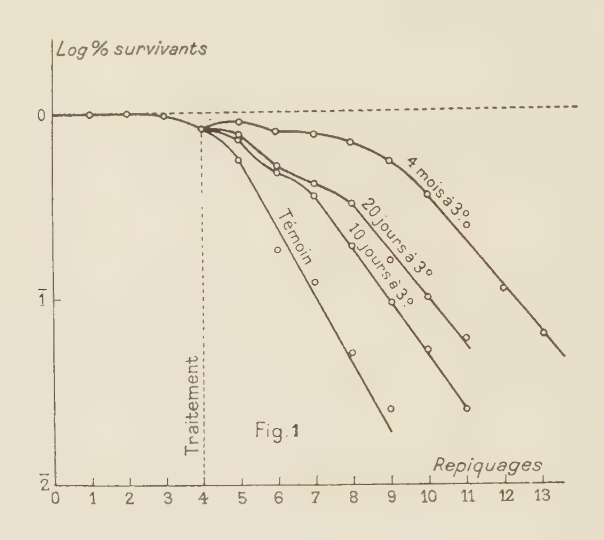
Pratiquement les expériences ont été réalisées de la manière suivante : 120 lignées jumelles ont été cultivées en tubes à 25-26°. Lorsque les

(1) G. Rizet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1106.

(2) D. Marcou, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 895.

(3) G. Rizet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 838.

premiers mycéliums sénescents sont apparus, chaque culture a été repiquée en deux exemplaires. Nous avons ainsi obtenu deux groupes de tubes similaires. L'un d'eux a été laissé à 25-26° pour y poursuivre sa croissance normale et servir de témoin. L'autre, après deux jours de croissance à 25-26°, a été placé à une température voisine de 3°; après 10 jours, 20 jours et 4 mois de séjour au froid, chaque culture a été repiquée et sa longévité étudiée à 25-26°. On a alors comparé cette longévité nouvelle à celle de la culture témoin correspondante.



Les cultures sénescentes au moment du traitement ont conduit à des résultats variés. Parfois on n'a observé qu'une guérison temporaire des mycéliums, même après 4 mois de séjour. Mais, dans la majorité des cas, on a obtenu un rajeunissement d'autant plus important que la durée de séjour au froid avait été plus longue; après un traitement de 4 mois, la croissance à 25-26° a été le plus souvent telle que l'hypothèse d'un rajeunissement total paraît seule pouvoir en rendre compte.

Les cultures proches de la sénescence au moment du traitement et qui se déterminent facilement par l'examen des longévités des cultures témoins, se conduisent comme les précédentes.

Les autres souches se prêtent beaucoup plus difficilement à des observations individuelles et l'action du froid en ce qui les concerne ne peut résulter que d'une étude statistique. Celle-ci est relativement facile, puisqu'on peut construire, à côté de la courbe de longévité normale, de nouvelles courbes, correspondant à l'ensemble des lignées après 10 jours, 20 jours et 4 mois de traitement. Pour la souche 173 ces courbes sont groupées dans la figure 1.

On lit facilement sur cette figure qu'aux trois traitements envisagés correspondent des courbes bien distinctes et nettement séparées de la

courbe témoin. Toutes traduisent une augmentation très nette de la longévité.

L'analyse de la courbe correspondant à un séjour de 4 mois est relativement facile; elle débute par une remontée exprimant que les souches sénescentes au moment du traitement sont apparemment guéries; puis cette courbe redescend au niveau de son origine, certaines cultures n'ayant subi qu'une guérison provisoire; elle se maintient ensuite en palier un certain temps pour se terminer par une droite, dont la pente diffère très peu de celle de la droite témoin. Il est remarquable que, abstraction faite de la légère remontée que nous avons déjà signalée, cette courbe présente exactement la même forme que la courbe témoin. On peut penser que ceci résulte du fait que la grande majorité des lignées non sénescentes ont, elles aussi, subi un rajeunissement total, consécutif à l'action prolongée du froid.

Les courbes correspondant à un temps d'action plus court, 10 jours et 20 jours, diffèrent moins de la courbe témoin : elles ne présentent pas de remontée et pratiquement pas de palier, elles sont relativement rapprochées et nettement séparées de la troisième. Ces observations suggèrent l'idée d'une action du froid lente et progressive, proportionnée au temps de séjour.

Les faits signalés antérieurement (*loc. cit.*) suggéraient la possibilité d'éviter, au moins dans certaines conditions, chez *Podospora*, les modifications qui conduisent à la sénescence; ceux relatés ici, tout en confirmant cette possibilité, précisent que sous l'action du froid ces modifications, dans beaucoup de cas, sont réversibles.

MICROBIOLOGIE. — *Première étude sur les propriétés pathogènes d'une souche de formes naines (formes* L) *fixée, obtenue à partir d'un vibrion.* Note de M. **Jean Lavillaureix**, présentée par M. Robert Courrier.

Contrairement à ce qu'on avait pensé jusqu'ici, la transformation L des bactéries ne s'accompagne pas fatalement de l'élimination totale des endotoxines microbiennes. Ces endotoxines peuvent se trouver présentes dans les formes L et conférer à celles-ci des propriétés pathogènes importantes.

La très abondante littérature consacrée depuis ces dernières années aux formes L des bactéries, fait ressortir un fait sur lequel, jusqu'à présent, tous les auteurs semblent d'accord. La transformation expérimentale d'une bactérie pathogène dans sa forme L fait perdre à celle-ci la totalité de son pouvoir pathogène. Les formes L des bactéries actuellement connues sont effectivement inoffensives pour les animaux. Or, au cours de recherches que nous poursuivons sous la direction du Professeur Tulasne, sur les

formes L des vibrions, nous avons découvert, pour la première fois, une souche de forme L fixée, d'origine vibrionnienne, qui a conservé entièrement les propriétés pathogènes de la bactérie d'origine. Nous avons pensé que ce fait, jusqu'à présent unique, valait d'être rapporté.

La souche bactérienne, dont nous nous sommes servie, est une culture de vibrions des eaux isolés en 1947 en Égypte (souche E.Z.5) ([1]). Après de très nombreux essais de transformation infructueux, nous avons pu enfin obtenir sur une gélose-ascite contenant de la méthionine des colonies de formes L qui, après trois repiquages sur le même milieu ont été transférées et entretenues sur gélose-ascite à la pénicilline. Dès le 7ᵉ repiquage, la souche s'est fixée définitivement sous sa forme L et il n'a pas été possible d'obtenir de réversion vers la forme bactérienne normale. Cette souche dont nous allons étudier le pouvoir pathogène en est maintenant à son 32ᵉ passage. Ces passages couvrent une période de dix mois.

Étude du pouvoir pathogène sur la souris blanche. — I. Pouvoir pathogène de la forme vibrionnienne normale. — Les vibrions vivants tuent la Souris en 24 à 48 h dans 100 % des cas par inoculation intrapéritonéale de 2 milliards de germes et dans 33 % des cas par inoculation de 1 milliard de bactéries. La souche chauffée en milieu neutre à 100° pendant 35 mn provoque également la mort des souris à la dose de 2 milliards de germes. Les vibrions possèdent donc une endotoxine très active.

II. Pouvoir pathogène de la forme L de notre souche. — A. *Inoculation intrapéritonéale*. — 1° *Formes vivantes*. — Avec une émulsion de formes L dont la turbidité correspond à 2 milliards de bactéries normales, on obtient la mort des animaux dans 70 % des cas en 48 h. A l'autopsie, on ne trouve aucune lésion appréciable macroscopiquement, mais le contenu intestinal « jus de melon » est nettement anormal. Chez les souris qui ont succombé, on retrouve facilement, par culture, les formes L inoculées ce qui prouve leur survivance dans l'organisme pendant la maladie. (Il nous semble utile de faire remarquer ici, que c'est également la première fois que l'on retrouve après un délai appréciable des formes L dans l'organisme des animaux inoculés. Il était jusqu'ici admis que les formes L disparaissaient de l'organisme presque immédiatement après leur inoculation.) Par contre, chez les souris qui survivent, cette recherche est négative. Notons que l'inoculation des formes L isolées chez les cadavres gardent le même pouvoir pathogène pour les souris que les formes L d'origine.

2° *Formes L tuées par la chaleur*. — Une suspension de formes L est tuée par la chaleur à 56° pendant 30 mn, une autre à 100° pendant 35 mn. Un centimètre cube de ces suspensions de même turbidité que celle qui a

---

([1]) Cette souche nous a été adressée par le Docteur Gallut de l'Institut Pasteur de Paris.

été utilisée pour les formes vivantes est inoculée dans le péritoine des souris. On obtient *dans tous les cas la mort* des animaux en 24 à 48 h mais, bien entendu, la culture des formes L à partir de l'exsudat est négative. Il semble donc bien que le pouvoir pathogène de notre souche soit lié à la présence dans les formes naines de l'endotoxine qui existait déjà dans les formes normales.

B. *Autres voies d'inoculation.* — L'inoculation intrapulmonaire est mortelle dans la majorité des cas, en 24 à 48 h, mais la récupération des formes L dans les poumons a été jusqu'à présent négative.

L'inoculation sous-cutanée de doses faibles est assez bien supportée, les animaux ne présentant en général qu'un malaise passager.

L'inoculation dans le talon des pattes postérieures amène l'apparition d'un épisode articulaire passager se manifestant par une ankylose transitoire de l'articulation tibio-tarsienne.

MICROBIOLOGIE. — *Étude de la sensibilité héréditaire à l'anhydride carbonique chez la Drosophile. Description de quelques variants du virus.* Note (*) de Mlle **Colette Duhamel**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le virus de la sensibilité au CO_2 présente une grande richesse de variants dont l'étude comparative est abordée actuellement.

Comme de nombreuses unités biologiques douées de continuité génétique, le virus σ responsable de la sensibilité au CO_2 chez la Drosophile présente une série de variants. Une souche de mouches sensibles doit être considérée comme un complexe « mouche-virus » dont chacun des éléments peut varier. Pour caractériser les types de virus, ou « virotypes », il faut donc supprimer l'influence du premier facteur de variation, en uniformisant autant que possible le génotype des mouches porteuses. J'ai pu alors comparer les populations de virus à l'aide des critères exposés ci-dessous :

— *Courbe d'incubation :* elle figure la relation existant entre le logarithme de la dilution de l'extrait infectant, et le temps d'incubation moyen d'un lot de mouches inoculées avec cet extrait. Lorsque la dilution est suffisante pour que toutes les mouches ne soient pas infectées, ce temps d'incubation atteint une valeur maximum caractéristique.

— *Courbe de multiplication du virus dans la mouche :* elle représente la variation du rendement d'une mouche en virus, en fonction du temps écoulé depuis l'injection. Après une courte période d'absorption, le rende-

(*) Séance du 27 octobre 1954.

ment augmente rapidement pour se fixer à un plateau d'autant plus élevé que l'inoculat initial est plus riche.

— *Courbe de passage au germen :* une femelle injectée dont on recueille la ponte jour par jour après l'injection donne dans sa descendance une proportion de mouches sensibles qui varie au cours de sa vie suivant une courbe en cloche caractéristique (N. Plus, 1954) [1].

— *Valence des mâles :* ce terme, introduit par L. Goldstein (1951) [2], représente le pourcentage des sensibles dans la descendance d'un mâle de Drosophile. Cette valence dépend de la manière dont le mâle a acquis la sensibilité et varie en outre avec l'âge.

— *Thermosensibilité :* l'évolution et la transmission héréditaire du virus sont très affectées par la température, et d'une manière différente selon les clônes.

J'ai pu, en étudiant les clônes isolés à partir de la souche sensible du laboratoire, identifier les quatre variants suivants :

1° *Variant* σ_{α}. — Ce clône n'est pas, chronologiquement, le premier isolé, mais sert de référence. La période maximum d'incubation est en moyenne de 15 jours avec des variations individuelles pouvant aller jusqu'à 20 à 25 jours. L'invasion du germen femelle est facile, le maximum de la courbe en cloche atteint 30 à 60 %. Les mâles de la souche héréditaire ont une valence élevée (60 à 90 %) mais celle-ci baisse nettement au cours du temps.

2° *Variant* σ_{φ}. — Il est très différent du virus σ_{α} par la courbe d'incubation. A richesse égale d'inoculat, les temps d'incubation observés sont plus élevés, et le temps d'incubation maximum dépasse fréquemment 25 jours. Il s'agit probablement d'une multiplication moins rapide des particules virulentes. La transmission du virus par les femelles d'une souche sensible est plus thermolabile que dans le cas de σ_{α} : en 5 jours les femelles de la souche σ_{φ} ne pondent plus que des résistantes, alors qu'il faut 15 jours avec les femelles de la souche σ_{α} pour arriver au même résultat. Les rendements atteints au plateau par les mouches inoculées sont très comparables pour σ_{α} et σ_{φ}. Par contre, ces mouches n'engendrent que très peu de descendants sensibles. La valence des mâles reste toujours faible (10 à 30 %).

3° *Variant* σ_{ω}. — C'est le premier variant qui ait attiré l'attention par sa propriété curieuse de n'être pas transmis par les mâles, même lorsqu'ils appartiennent à une souche sensible héréditaire. Nous ne connaissons encore que très peu les autres caractéristiques de ce virus.

---

(1) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1954.

(2) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1951.

4° *Variant* σ_θ. — Il est très caractéristique par la faculté de pouvoir accomplir à 30° un cycle de multiplication normal dans les mouches inoculées, alors que les trois précédents, dans les mêmes conditions, sont incapables de se multiplier. En outre, une souche pure sensible σ_θ est parfaitement thermostable. Les mâles d'une telle souche pure ont une valence élevée qui, à 20 comme à 30°, reste constante au cours de la vie contrairement à ce qui s'observe avec tous les autres virus. Nous avons isolé à plusieurs reprises ce variant à partir de populations de σ_α en utilisant comme crible la mise en incubation à 30° de mouches inoculées.

Le virus de la sensibilité au CO_2 est d'autre part très courant dans les Drosophiles trouvées dans la Nature. Environ 1/3 des souches que nous avons constituées à partir d'individus capturés en Europe occidentale et dans le proche-Orient se sont révélées porteuses de virus. Leur prospection ne fait que commencer, et a montré que certaines contenaient des types analogues à σ_φ, d'autres des types à croissance rapide, d'autres enfin des types qui semblaient combiner les propriétés de σ_φ et de σ_θ. Il paraît donc exister dans la Nature une très grande richesse de « virotypes ».

L'étude de ces différents variants me paraît intéressante à deux points de vue. Tout d'abord elle permettra de mettre en évidence les corrélations pouvant exister, par exemple, entre les grandeurs telles que la valence des mâles, la thermolabilité, et le pouvoir d'intégration du virus dans le germen femelle par inoculation. Cette physiologie comparée pourra permettre de mieux comprendre les relations intimes qui s'établissent entre le virus et son hôte insecte. D'autre part, on pourra espérer grâce à elle jeter les bases de la Génétique de σ. La comparaison des variants ayant permis de déceler quels sont les caractères unité, il sera peut-être possible de retrouver sur ce matériel les phénomènes de recombinaison de caractères qui ont été observés surtout jusqu'ici sur le Bactériophage (S. E. Luria, 1953, (3)).

MICROBIOLOGIE. — *Action de la température sur le virus responsable de la sensibilité à l'anhydride carbonique chez la Drosophile.* Note (*) de Mlle **Marie-Thérèse de Lestrange**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Une élévation de température modifie d'une manière réversible le rendement en virus des mouches sensibles. Diverses hypothèses sont envisagées pour expliquer le phénomène.

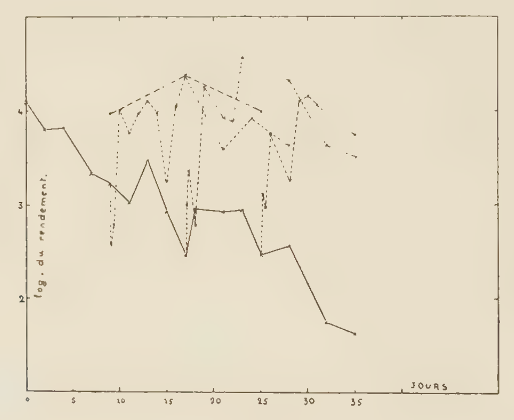
---

(3) *General virology*, Wiley, New-York, 1953.

(*) Séance du 27 octobre 1954.

Les Drosophiles sensibles au CO_2 peuvent l'être par hérédité ou à la suite d'une inoculation. On sait que dans les deux cas, le rendement de l'imago en virus, une fois atteinte sa valeur maximum, reste constant aussi longtemps que la mouche survit et est maintenue à la température normale d'élevage, 20°. Les résultats rapportés ici, montrent que ce rendement est en fait étroitement lié à la température ambiante, il diminue lorsque la mouche est placée à 30°, pour remonter brusquement lorsque celle-ci est ramenée à 20°.

La figure reproduite ci-dessous se rapporte à une expérience dans laquelle furent chauffées des mouches de souche pure sensible. Un lot fut maintenu à 30° pendant 35 jours. Trois autres lots furent ramenés à 20° après des chauffages de 9, 17 et 25 jours. Un dernier lot conservé à 20°, servit de témoin. L'évolution de la teneur en virus des mouches, était suivie par la technique précédemment décrite (N. Plus, 1950, 1954) [1].



Évolution du rendement en virus, en fonction de la température. Trait plein : évolution à 30°; trait interrompu, évolution à 20°.

On observe les faits suivants : à 20° le niveau se maintient constant, à 30° il baisse d'une manière continue, pour remonter brusquement dès la remise à 20°, quelle qu'ait été la durée du chauffage. Des phénomènes semblables ont été observés dans de nombreuses expériences du même type, mais selon le matériel utilisé, j'ai noté certaines différences dans la marche des phénomènes. Elles concernent : 1° la vitesse de la disparition du virus à 30°; 2° le niveau final atteint après retour à 20°, qui parfois reste inférieur au niveau initial.

Cette action à caractère au moins en partie réversible, de la température, sur le rendement en virus des mouches sensibles peut *a priori*, être interprétée de différentes manières :

---

(1) *Experimental Cell Research*, 1, 1950; *Thèse de Doctorat*, Paris, 1954.

1° A température élevée, le virus serait détruit progressivement. La remontée observée serait due à une nouvelle multiplication du virus survivant. Notons que dans cette hypothèse le temps nécessaire pour atteindre le niveau final, serait d'autant plus long que le chauffage aurait été plus prolongé. Or ceci n'a pas été observé;

2° Les mouches sensibles seraient dans tous les cas, le siège, à la fois, d'une destruction spontanée et d'une production du virus. Ce serait cet équilibre qui maintiendrait constant, le rendement de la mouche en virus, niveau dépendant d'une manière réversible de la température. Cette hypothèse paraît peu vraisemblable. Tout d'abord, les faits observés n'indiquent dans aucun cas l'existence d'un niveau constant à 30°. D'autre part, la rapidité avec laquelle réapparaît le virus conduit à attribuer une valeur invraisemblablement élevée au rythme de sa production normale à 20°;

3° Il a été montré précédemment (L'Héritier, 1951, Plus, 1954) (²) que le virus de la sensibilité au CO_2 peut, au moins dans certains cas, exister dans la mouche, sous une forme latente non extractible à l'état virulent. Il se pourrait donc que dans toute mouche le virus soit présent sous deux états différents : une forme latente et une forme active. L'action de la température serait double, d'une part, le chauffage détruirait le virus actif, d'autre part, la remise à 20° induirait la transformation du virus latent en virus actif;

4° La chaleur pourrait enfin inactiver chaque particule de virus d'une manière réversible. Celles-ci récupéreraient leur virulence initiale dès la remise à 20°.

Des expériences sont en cours qui doivent permettre de choisir entre ces hypothèses, notamment entre les deux dernières qui me paraissent les plus vraisemblables.

Les phénomènes que j'ai étudiés sont certainement en relation très directe avec les observations déjà anciennes de L'Héritier et Sigot (1946) (³). Ces auteurs ont constaté en effet qu'un chauffage à 30° était capable de faire disparaître les symptômes de la sensibilité au CO_2, qui réapparaissent après retour à 20°. Le parallélisme avec l'évolution du rendement en virus est donc frappant. D'autre part, l'action de la température sur les virus est un phénomène très général et la comparaison s'impose entre les faits décrits plus haut et ceux relatifs aux viroses végétales. On a constaté, en effet, à diverses reprises que le chauffage de plantes virosées faisait disparaître provisoirement les symptômes de la maladie (Kunkel, 1943, 1952) (⁴).

(²) *Cold Spring Harbour Symposia*, 16, 1951; *loc. cit.*

(³) *Bulletin biologique de la France et de la Belgique*, 2ᵉ trimestre 1946, fasc. 2.

(⁴) *Proceedings of the American Philosophical Society*, 86; *Phytopathology*, 42, n° 1, 1952.

On sait en outre, que le chauffage des insectes vecteurs infectés, les rend momentanément inaptes à communiquer le virus à la plante. Cette sorte de guérison peut même être définitive si la période de chauffage est suffisamment longue (Kunkel, 1937; Maramorosch, 1950) ([5]).

Tous ces phénomènes relèvent très vraisemblablement d'un mécanisme commun. La Drosophile sensible au CO_2 nous paraît être un matériel favorable pour son étude.

VIROLOGIE. — *Culture du virus rabique* in vitro. Note (*) de M. **Robert Béquignon**, Mme **Jacqueline Gruest**, MM. **Charles Vialat** et **Jean Vieuchange**, transmise par M. Jacques Tréfouël

La méthode de culture de tissu en tubes roulants permet la culture du virus rabique fixe. Le liquide nutritif prélevé à l'occasion des renouvellements successifs présente une virulence qui se maintient régulièrement. De plus, le repiquage de fibroblastes infectés, dans un milieu nutritif neuf provoque une libération continue de virus dans le milieu neuf.

Les différentes méthodes qui ont été proposées pour la culture du virus rabique utilisent la culture de fragments de tissu embryonnaire cérébral de rat ou de souris, placés au contact d'une couche de plasma de poulet (C. Levaditi, 1913, Stoel, 1930, Kanazawa, 1936, Bernkopf et Kliger, 1937, Plotz et Reagan, 1942), ou plongés dans un liquide nutritif contenant du sérum humain ou simien (Webster et Clow, 1936). Les auteurs ont fourni la preuve de la présence du virus dans les cultures successives, par l'inoculation à l'animal des milieux non centrifugés.

En vue de mieux préciser les conditions de développement du virus rabique, et d'y trouver, le cas échéant, le moyen d'aborder l'étude de la Rage avec des possibilités nouvelles, nous avons utilisé la méthode de culture de tissu en tubes roulants (Carrel, 1913, Gey, 1933), reprise avec le succès que l'on sait par Enders et ses collaborateurs pour la culture de la vaccine ([1]) et de la poliomyélite ([2]).

Technique. — La souche employée est la souche de virus fixe Louis Pasteur, à son 1918e passage sur le cerveau du Lapin : le tube étant ensemencé avec 0,2 ml d'une suspension cérébrale au 1/15e, 1/30e et 1/150e en poids, soit avec 1000, 500 ou 100 unités virulentes-lapin ([3]).

L'appareil, le milieu de culture, le type des tubes employés, leur bou-

---

([5]) *American Journal of Botany*, 24, n° 5, 1937; *Phytopathology*, 40, 1950.

(*) Séance du 27 octobre 1954.

([1]) A. E. Feller, J. F. Enders et T. H. Weller, *J. exper. Med.*, 72, 1940, p. 367.

([2]) F. C. Robbins, T. H. Weller et J. F. Enders, *J. Immunology*, 69, 1952, p. 673.

([3]) R. Béquignon et C. Vialat, *Ann. Inst. Pasteur*, 84, 1953, p. 529.

chage, les méthodes d'examen histologique sont ceux-là mêmes que décrit Enders.

Le tissu cultivé est le cerveau d'embryons de souris. La température d'incubation est de 36°,5. Le liquide nutritif est changé en tenant compte du virage du milieu et du développement des fibroblastes; le milieu a été changé à des intervalles de temps variés, les liquides prélevés étant conservés au réfrigérateur. La virulence des liquides a été appréciée par inoculation intracérébrale au lapin, après centrifugation de façon à exclure toute présence de cellules. Lors des passages de tube à tube, on inocule 0,2 ml de liquide de lavage centrifugé.

Résultats. — Que les changements de milieu soient effectués tous les deux jours ou tous les quatre jours, dans les deux cas, le liquide nutritif prélevé à l'occasion des renouvellements successifs présente une virulence qui se maintient régulièrement depuis le début des essais, c'est-à-dire depuis plus de deux mois. Si l'on calcule la dilution terminale, on retrouve dans le liquide recueilli au cours du plus récent renouvellement un nombre d'unités virulentes-lapin de beaucoup supérieur à celui que contenait le matériel d'inoculation. C'est ainsi que dans un de nos essais, le liquide nutritif d'un tube de culture, est encore virulent au 65e jour qui suit l'inoculation.

Les témoins, milieu ou milieu plus cellules chauffés à 56° pendant 30 mn, inoculés dans les mêmes conditions, se sont montrés dépourvus de virulence après 24 h d'étuve.

Il est en outre loisible d'infecter des fibroblastes vierges avec un liquide nutritif ayant servi à l'entretien d'une culture précédente et soumis à la centrifugation.

Non seulement le milieu nutritif est virulent, mais aussi les cellules : pour en démontrer la virulence, nous avons préféré au passage des broyats, le transfert de fragments du voile de fibroblastes de cultures ensemencées de Rage. Ce repiquage de fibroblastes infectés dans un milieu nutritif neuf, permet, à la fois, d'obtenir une culture de fibroblastes et la libération du virus dans le milieu neuf : tout se passe comme si se trouvait réalisée une véritable symbiose entre les fibroblastes et le virus.

Nous n'avons observé ni par l'examen microscopique direct des tubes au cours de la culture, ni par l'examen histologique des cellules prélevées, aucune modification des fibroblastes pouvant être attribuée à l'action du virus [4].

---

(4) Dans des essais, nous utilisons divers tissus provenant d'espèces différentes afin de savoir si l'intégrité apparente des cellules de cerveau d'embryon de souris que nous avons observée jusqu'ici est ou non un cas particulier.

Ces résultats concernant le virus rabique fixe (⁵) s'opposent à ceux qu'Enders a décrits pour le virus poliomyélitique.

Des expériences sont en cours pour rechercher l'apparition éventuelle de modifications antigéniques de la structure du virus de culture. En tout cas, après les passages effectués en tubes roulants, la virulence, la symptomatologie de la paralysie du Lapin et les lésions histologiques du névraxe restent identiques à celles du virus fixe originel.

La séance est levée à 16 h 5 m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 26 juillet 1954.)

Note présentée le 19 juillet 1954, de MM. *Jean-Claude Monier* et *Raymond Hocart*, Épitaxies de As_4O_6 sur la fluorine et de CuCl sur la blende. Recouvrements géométriques de liaisons :

Page 357, 13e ligne en remontant, *au lieu de*

$$2[110]\,CaF_2 = 7{,}70\ \text{Å}; \qquad [110]\,As_4O_6 = 7{,}81\ \text{Å};$$

lire

$$2[1\bar{1}0]\,CaF_2 = 7{,}70\ \text{Å}; \qquad [1\bar{1}0]\,As_4O_6 = 7{,}81\ \text{Å}.$$

Page 358, 10e ligne en remontant, *au lieu de* O : v, o, o, *lire* O : $\bar{v}$, o, o.

---

[5] Il ne semble pas qu'il en soit de même avec le virus des rues, qui fait l'objet d'autres essais sur lesquels nous nous proposons de revenir.